corso di RADIOTECNICA

pubblicazione settimanale - 10 - 17 dicembre 1960 - un fascicolo lire 150 11° numero

corso di
RADIOTECNICA

settimanale a carattere culturale

Direzione, Amministrazione, Pubblicità:
Via dei Pellegrini 8/4 - Telef. 593.478

MILANO

Ogni fascicolo — contenente 3 lezioni — costa lire 150, acquistato alle edicole.

Se l'edicola risulta sprovvista, o si teme di rimanere privi di qualche numero, si chieda invio settimanale direttamente al proprio domicilio a mezzo abbonamento.

Il versamento per ricevere i 52 fascicoli costituenti l'intero Corso è di lire 6500 + I.G.E. = lire 6630. A mezzo vaglia postale, assegno bancario, o versamento sul conto corr. postale 3/41.203 del « Corso di RADIOTECNICA » - Via dei Pellegrini 8-4 - Milano.
In ogni caso, scrivere in modo molto chiaro e completo il proprio indirizzo.

L'abbonamento può essere effettuato in qualsiasi momento; si intende comprensivo delle lezioni pubblicate e dà diritto a ricevere tali lezioni, che saranno inviate con unica spedizione.

Estero: abbonamento al Corso, Lit. 8.500. ($ 15). Numeri singoli Lit. 300 ($ 0,50).

Per i cambi di indirizzo durante lo svolgimento del Corso, unire lire 100, citando sempre il vecchio indirizzo.

Fascicoli singoli arretrati — se disponibili — possono essere ordinati a lire 300 cadauno.
Non si spedisce contrassegno.

Distribuzione alle edicole di tutta Italia: Diffus. Milanese . Via Soperga, 57 - Milano.

Direttore responsabile: Giulio Borgogno.

Autorizzaz. N. 5357 - Tribunale di Milano.

Stampa: Intergrafica S.r.l. - Cologno Monzese.

La Direzione non rivende materiale radio; essa può comunicare, se richiesta, indirizzi di Fabbricanti, Importatori, Grossisti ecc. in grado di fornire il necessario ed ai quali il lettore può rivolgersi direttamente.

Alla corrispondenza con richiesta di informazioni ecc. si prega allegare sempre il **francobollo per la risposta.**

Parte del testo e delle illustrazioni è dovuta alla collaborazione del Bureau of Naval Personnel, nonchè al Dept. of the Army and the Air Force - U.S.A.

A chi può essere utile questo Corso? Anzitutto — stante la sua impostazione — il Corso, basato sull'esposizione in forma a tutti accessibile, della radiotecnica, dai suoi elementi basilari alla evoluzione più recente, rappresenta la forma ideale per tutti coloro che intendono dedicarsi all'elettronica, sia come forma ricreativa sia — soprattutto — per l'acquisizione di una professione specializzata che possa procurare loro una posizione di privilegio in seno alla società odierna.

Anno per anno, la nostra civiltà si indirizza sempre più verso questa meravigliosa, si potrebbe dire fascinosa, elettronica, che nel modo più evidente consente sviluppi impensati, progressi grandiosi e una rapida evoluzione di tutti gli altri rami dello scibile che essa tocca e influenza.

L'industria, tutta l'industria, nel senso più ampio, da quella elettrotecnica a quella meccanica, alla metallurgica, alla chimica ecc., con i suoi laboratori di ricerca e le sue fabbriche richiede, e richiederà sempre più, con un ritmo rapidamente crescente, tecnici specializzati con conoscenza dell'elettronica, tecnici specificatamente elettronici e persino operai e impiegati di ogni ordine e categoria con cognizioni di elettronica.

Si può dire che anche le branche commerciali, quelle dei trasporti e persino quelle amministrative con le recenti introduzioni delle calcolatrici, abbisognano di personale che conosca i principi dell'elettronica, le macchine relative, il loro pieno sfruttamento, la eventuale riparazione ecc. e, quanto più in modo completo, quanto meglio.

Nasce, da una tale situazione, una logica conseguenza: per la scelta di una professione o di un mestiere, per un miglioramento della propria posizione sociale, per l'intrapresa di una libera attività o anche per la sola acquisizione di cognizioni che indubbiamente verranno oltremodo utili, è quanto mai opportuno riflettere se non sia conveniente dedicare un po' di tempo allo studio di questa scienza che ha tra l'altro il pregio di rendersi immediatamente attraente, concreta, accessibile e foriera di moltissime soddisfazioni.

A questo scopo appunto, e con questi intenti, è stato redatto questo Corso.

Non mancano invero altri corsi (specie per corrispondenza) o scuole di radiotecnica, nè mancano (sebbene siano in numero del tutto inadeguato) scuole statali o pareggiate ma la struttura e l'impostazione che caratterizzano queste 156 lezioni sono alquanto particolari, presentando non pochi vantaggi sulle diverse altre forme di cui si è detto.

Anzitutto vogliamo porre in evidenza **il fattore economico.**

Frequentare regolarmente, durante tutto l'anno, una scuola è certo il modo più logico — anche se non il più rapido — per apprendere ma, tralasciando il fatto che rarissimi sono gli Istituti di radiotecnica, è a tutti possibile dedicarsi esclusivamente, e per l'intero anno, allo studio? Noi riteniamo che chi può farlo costituisca oggi assai più l'eccezione che la regola. Ciò significa infatti poter disporre liberamente del proprio tempo senza avere la necessità di un contemporaneo guadagno: il nostro Corso permette a chiunque di studiare a casa propria, nelle ore libere dal lavoro, senza abbandonare o trascurare quest'ultimo. Ciò caratterizza invero anche altri corsi, ma il vantaggio economico diviene notevole ed evidentissimo se si considera che di fronte all'esborso, anche se rateale, di quasi 80.000 lire che i corsi per corrispondenza richiedono, seguendo il nostro Corso la spesa in un anno risulta di poco più di 7500 lire (150 lire alla settimana presso un'edicola) o di 6630 lire totali, con recapito postale, settimanale, delle lezioni a domicilio.

E' superfluo dire che la Modulazione di Frequenza, i transistori, i circuiti stampati, la trasmissione, il telecomando ecc. sono argomenti integrali del Corso e non costituiscono motivo di corsi speciali, aggiunti o particolari.

Le lezioni di questo Corso — a differenza di molte altre — non sono stampate con sistemi di dispensa, a ciclostile, o con sistemi più o meno analoghi, derivanti cioè da un originale battuto a macchina da scrivere; esse sono stampate in uno stabilimento grafico, con chiari caratteri tipografici da cui deriva una assai più agevole lettura e — fattore certamente di non secondaria importanza — un contenuto molto più ampio, corrispondendo una pagina a stampa a tre o quattro pagine di quelle citate. Il lettore avrà, alla fine del Corso, un volume di ben 1248 pagine di grande formato!

Chiunque, indipendentemente dall'età, dalla professione e dalle scuole compiute **può seguire il Corso.** Alle esposizioni teoriche si abbinano numerose, attraenti, istruttive ed utili descrizioni che consentono la realizzazione di ricevitori, amplificatori, strumenti vari e persino di trasmittenti su onde corte.

A questo proposito è sintomatico il fatto che la Direzione non vuole assolutamente assumere la fisionomia di un fornitore o commerciante di materiale radio, rivendendo agli allievi le parti necessarie. Il materiale occorrente l'interessato può acquistarlo dove e come meglio crede e, assai spesso anzi, già ne dispone. Viene così evitato l'acquisto forzoso, caratteristico più o meno di tutti gli altri corsi.

Anche chi è già radiotecnico, anche chi ha seguito o segue altri corsi troverà il massimo tornaconto in questo completo ed aggiornato lavoro. Molte nozioni, è logico, saranno note, altre un po' meno e sarà utile rinfrescarle, e il tutto infine costituirà un manuale di consultazione, prezioso tanto per la teoria esposta quanto per i numerosi schemi, per le tabelle, per i grafici, gli elenchi, i dati, il vocabolario dei termini ecc.

Concludendo, si può affermare che questo **Corso di Radiotecnica** oltre che come insegnamento graduale si presenta come **enciclopedia e rivista assieme** ciò che permette di formare — con modestissima spesa — **il più completo, ricco, utile e pratico volume di radiotecnica di cui sia dato oggigiorno disporre.**

CAPACITA'

Dopo aver esaminato in dettaglio, nelle lezioni precedenti, quei componenti basilari dei circuiti elettronici che sono la resistenza e l'induttanza, passiamo ora ad analizzare un terzo elemento, non meno importante: la capacità.

Sappiamo già che l'induttanza si riferisce esclusivamente al campo magnetico in quanto la corrente che scorre in una bobina crea attorno ad esso un campo magnetico: la capacità si riferisce esclusivamente al campo elettrico, campo che si produce a causa della tensione.

Il condensatore l'abbiamo già incontrato nell'impiego — sia in esecuzione a valore fisso, sia in esecuzione a valore variabile (accordo dei circuiti sintonizzati) — nei semplici ricevitori radio che abbiamo descritti; ne abbiamo anche esposto, allora per sommi capi, il funzionamento, l'aspetto, le caratteristiche.

Rifacendoci a tali concetti, alcuni dei quali riteniamo opportuno quì ripetere come introduzione, dedichiamo all'argomento quel maggiore spazio che per importanza indubbiamente gli compete.

CARICA di un CONDENSATORE

Il circuito in serie della **figura 1** consiste di una capacità con dielettrico ad aria, di un galvanometro, di un deviatore e di una sorgente di corrente continua.

Le superfici conduttrici, « A » e « B », sono le armature. Quando il deviatore è in posizione *1* esse sono reciprocamente neutre; ciò vuol dire che esse sono al medesimo potenziale, e contengono un egual numero di cariche positive e negative. Portiamo ora il deviatore in posizione *2*; gli elettroni presenti all'elettrodo « A » vengono attratti dal polo positivo della batteria per cui lasciano l'elettrodo stesso carico di elettricità positiva, vale a dire mancante di elettroni. Il polo negativo della batteria fornisce elettroni all'elettrodo « B » caricandolo di elettricità negativa, ossia con eccesso di elettroni. Gli elettroni non possono passare attraverso la capacità dato che le armature sono separate da un buon isolante. Per questo, ogni qualvolta una capacità viene collegata ad una sorgente di potenziale, si carica immediatamente. La carica positiva su uno degli elettrodi induce sempre una carica negativa sull'altro; dette cariche sono sempre della medesima entità, se pure di segno contrario.

Le caratteristiche isolanti del dielettrico — abbiamo ora accennato — non permettono il passaggio della corrente continua. Tuttavia, non appena il deviatore viene portato dalla posizione *1* alla posizione *2*, l'indice del galvanometro subisce una momentanea deflessione verso destra, denotando un passaggio istantaneo di elettroni dall'elettrodo « A » all'elettrodo « B ». Si dice che il condensatore « si sta caricando » in tale frazione di tempo. Durante il passaggio di detta corrente, ai capi del condensatore in oggetto si forma una differenza di potenziale eguale a quella della batteria; una volta raggiunta tale differenza di potenziale il passaggio di corrente cessa ed il condensatore è completamente carico. Il condensatore si carica perciò con una tensione eguale in entità, ed opposta come polarità, a quella della batteria.

Le cariche opposte degli elettrodi si attraggono reciprocamente, ma non possono venire a contatto data la presenza del dielettrico. In esso perciò le cariche producono un campo elettrico, rappresentato nella figura dalle linee tratteggiate. Il campo costituisce l'energia elettrica immagazzinata nel dielettrico stesso.

Se infine il deviatore viene portato in posizione *3*, la sorgente di energia viene staccata, ma, non avendo gli elettroni alcun cammino da percorrere, la capacità resta carica.

SCARICA di un CONDENSATORE

Supponiamo ora di rimettere il deviatore in posizione *1*. Al momento dello scatto, si ha un passaggio istantaneo di corrente indicato nella figura dall'indice tratteggiato del galvanometro. Tale passaggio avviene in senso opposto a quello della corrente di carica, per cui il condensatore si scarica.

Gli elettroni in eccesso sull'elettrodo « B » si spostano attraverso il circuito all'elettrodo « A », finchè si raggiunge nuovamente l'equilibrio, ossia finchè gli elettrodi sono di nuovo reciprocamente neutri, nel qual caso la corrente che scorre tra di essi e la differenza di potenziale risultano zero.

CAMPO ELETTRICO

Vediamo ora meglio cosa accade nel dielettrico durante la carica e la scarica del condensatore. Sappiamo che un materiale isolante contiene pochi elettroni liberi; tuttavia, gli elettroni degli atomi dell'isolante possono essere spostati o comunque costretti a muoversi dalla loro sede quando si applica una tensione alle estremità dell'isolante. Riferendoci ancora alla figura 1 si può notare che

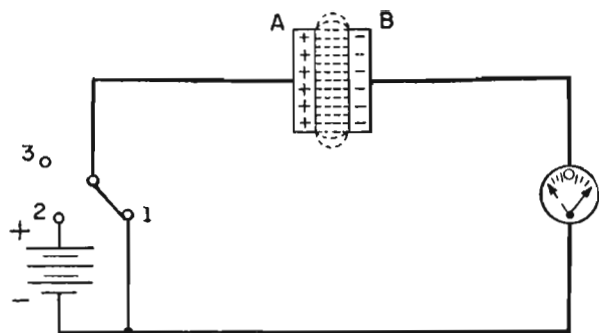



Fig. 1 — Circuito dimostrativo della carica di un condensatore. Col commutatore in posizione di « 1 », le armature « A » e « B » sono reciprocamente neutre, ossia al medesimo potenziale. Portando il commutatore su « 2 » avviene la carica in quanto la batteria fa sì che gli elettroni vadano da « A » al suo polo positivo mentre a « B » la batteria fornisce elettroni. Lo strumento indica in quell'istante un momentaneo passaggio di corrente, denotante la carica. Passando il commutatore su « 3 » la carica permane tra le armature.

gli elettroni dell'elettrodo « B » della capacità carica esercitano una forza di repulsione su quelli presenti negli atomi del dielettrico. Analogamente, l'elettrodo « A », essendo caricato positivamente, esercita una notevole attrazione sugli stessi. Perciò gli elettroni contenuti nel dielettrico, pur non potendo abbandonare le loro orbite negli atomi cui appartengono, assumono una nuova posizione. Lo spostamento degli elettroni costituisce un piccolo ed istantaneo passaggio di corrente nel dielettrico. Dato che tale corrente è causata, come si è visto, dal dislocamento degli elettroni sull'orbita degli atomi del dielettrico, viene denominata *corrente di dislocamento*.

Non appena la tensione viene tolta dal condensatore carico, gli elettroni spostati nel dielettrico restano nella loro nuova posizione in stato di tensione. In seguito alla scarica essi ritornano alla loro posizione primitiva, dando luogo ad uno spostamento in senso opposto.

Poichè gli elettroni del dielettrico, come abbiamo ora visto, possono oscillare avanti e indietro, il condensatore permette il passaggio della corrente alternata; ma, poichè non possono invece muoversi costantemente in una direzione, il condensatore non permette il passaggio alla corrente continua.

COSTANTE DIELETTRICA

Se come dielettrico viene impiegata la mica al posto dell'aria, si ha un maggior passaggio di corrente nel circuito esterno, il campo elettrico è più intenso, e l'energia in esso immagazzinata è in quantità maggiore. Ciò accade in quanto la mica, come pure altri isolanti, costituisce un conduttore migliore dell'aria in relazione alle linee di forza elettrica.

Se si caricano con la medesima tensione due condensatori con armature parallele, identici tra loro ad eccezione del dielettrico, si troverà che il numero di linee elettriche di forza è differente. Il rapporto tra il numero di linee di forza che si stabiliscono in un materiale dielettrico ed il numero di quelle che si stabiliscono nell'aria, si chiama **costante dielettrica** del materiale stesso. Ad esempio, se consideriamo la costante dell'aria eguale a 1, quella della mica corrisponde a circa 6, e quella dell'olio a circa 2. La lettera K rappresenta la costante dielettrica nelle equazioni relative alla capacità.

La capacità di un condensatore può essere paragonata in parte al volume di un recipiente. La quantità di liquido che è possibile introdurre in un recipiente è in relazione alle dimensioni di quest'ultimo; ma la quantità di carica elettrica che è possibile immagazzinare in una capacità non dipende soltanto dalle dimensioni degli elettrodi ma anche dalla costante dielettrica. Perciò la capacità di un condensatore ad elettrodi paralleli, aventi come dielettrico della mica, è molto maggiore che non quella di un condensatore analogo avente come dielettrico l'aria.

APPLICAZIONE nei CIRCUITI

Durante la carica e la scarica di un condensatore, il passaggio di corrente è istantaneo Mentre un condensatore si carica si produce ai suoi capi un progressivo aumento di tensione, esattamente come si produce un progressivo aumento di pressione internamente ad un pneumatico allorchè lo si riempie d'aria.

Quando una tensione a c.c. viene applicata ai capi di una capacità, la corrente scorre finchè la tensione sale dal suo valore iniziale a quello della sorgente di energia. Solo fino a che tale tensione subisce tale progressiva variazione lo strumento denota un passaggio di corrente nel circuito. Quando si applica una tensione a c.a., il passaggio di corrente tra gli elettrodi avviene sempre, in quanto la tensione per sua natura si manifesta, come sappiamo, con continue variazioni. Così una capacità permette il passaggio di una corrente nel circuito esterno quando varia la tensione ai suoi capi.

Dal momento che un condensatore permette il passaggio della corrente alternata e non quello della corrente continua, la sua azione è opposta a quella di una induttanza che permette il passaggio di una c.c. mentre oppone una forte resistenza al passaggio di una corrente alternata.

Le capacità vengono usate per diversi scopi. In alcuni circuiti ad esempio, è necessario che la c.a. non scorra in alcuni particolari elementi del circuito stesso; in questo caso, se si collega una capacità detta « di fuga » (in inglese « by pass ») *in parallelo* a tali elementi, la c.a. può avviarsi facilmente al condensatore anzichè passare negli elementi stessi. Un esempio di caso del genere è già stato da noi incontrato e messo in evidenza, nella descrizione dei semplici ricevitori a cristallo. Il lettore ricorderà a questo proposito che, dopo la rive-

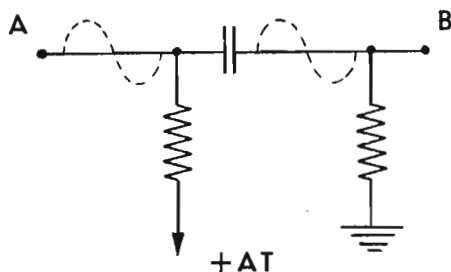



Fig. 2 — Tra gli impieghi della capacità vi è quello detto di accoppiamento. Viene sfruttata la caratteristica del condensatore consistente nel consentire il passaggio della corrente alternata e nell'impedire, nello stesso tempo, il passaggio della corrente continua. Nello schema, in « A » vi è contemporaneamente corrente continua (proveniente da +AT) e corrente alternata (segnale): solo quest'ultima raggiunge « B » così come è richiesto dalle necessità di questo circuito che è frequentemente adottato nelle apparecchiature elettroniche.

lazione, si inserisce un condensatore di fuga per l'Alta Frequenza residua affinchè la stessa non si inoltri alla cuffia con effetti dannosi alla stabilità elettrica del ricevitore.

Se in un circuito « fugato » deve scorrere una c.c., ciò può avvenire perfettamente perchè la c.c. scorre indipendentemente dalla presenza del condensatore in parallelo, dal quale non viene minimamente influenzata, dato che attraverso lo stesso non può avviarsi.

In altri circuiti è invece necessario evitare il passaggio di c.c. in un dato elemento. In questo secondo caso, un condensatore collegato *in serie* a tale elemento blocca la c.c. pur permettendo il passaggio della corrente alternata.

USO della CAPACITA'

Le capacità vengono usate in due modi. Il primo impiego consiste nel loro uso come dispositivi per immagazzinare energia. Quando un condensatore viene caricato, abbiamo detto che uno degli elettrodi accumula un eccesso di elettroni, mentre l'altro ne accumula la mancanza, per il fatto che detti elettroni non possono scorrere nel dielettrico. Utilizzando l'attitudine del condensatore ad immagazzinare energia, si può **1)** caricare detta capacità mediante una batteria o qualsiasi altra sorgente di c.c., **2)** mantenere tale carica per il tempo desiderato, oppure, **3)** regolare il tempo di carica e scarica.

Il secondo modo di impiego del condensatore consiste nell'uso come dispositivo di accoppiamento. In questo caso viene sfruttato il fatto — già messo in rilievo — che la c.c. viene bloccata mentre si permette il passaggio della c.a. È opportno osservare che, quando si dice che la c.a. passa attraverso un condensatore, non si ha una vera e propria corrente di conduzione elettronica attraverso il dielettrico. Si ha in realtà ciò che abbiamo già visto, una corrente di elettroni che si spostano avanti e indietro rispetto alle armature, e perciò la corrente che attraversa il condensatore è una corrente di disloccamento: l'ammontare di quest'ultima è eguale a quello della corrente degli elettroni: tuttavia è abituale dire semplicemente che la c.a. scorre attraverso un condensatore.

L'opposizione al passaggio di corrente da parte di una capacità varia in maniera inversamente proporzionale alla frequenza, ossia l'opposizione diminuisce con l'aumentare della frequenza. In un circuito progettato a dovere, un condensatore di accoppiamento permette il passaggio della c.a. senza opposizione apprezzabile. A causa di ciò, ai suoi capi si sviluppa una tensione minima e quasi tutta la tensione alternata, detta **tensione del segnale**, si presenta ai capi del carico utilizzatore.

Le cose più importanti da ricordare nel caso del condensatore usato come mezzo di accoppiamento sono le seguenti:

1) il segnale a c.a. passa attraverso il condensatore con una velocità analoga a quella della luce e con una perdita di ampiezza trascurabile;

2) le due armature del condensatore seguono le variazioni dei segnali quasi istantaneamente;

3) la caduta di tensione ai capi del condensatore è trascurabile, e

4) durante il ciclo di c.a., la carica e la scarica del condensatore non sono apprezzabili.

La **figura 2** illustra un circuito di accoppiamento tra i due punti *A* e *B*. Il **segnale** presente in *A* passa attraverso il condensatore senza subire variazioni di fase o di ampiezza. Il condensatore agisce nei confronti del segnale a c.a. come un vero e proprio conduttore. È opportuno notare che il condensatore della figura svolge anche, contemporaneamente, una funzione di bloccaggio tra il punto *A* e il punto *B* per il potenziale a c.c. indicato con *+AT.*

UNITA' di CAPACITA'

L'attitudine da parte di un condensatore a permettere il passaggio di una corrente quando varia la tensione applicata ai suoi capi si chiama **capacità.**

La capacità viene misurata in **farad,** dal nome di Michele Faraday, fisico inglese.

Un condensatore ha una capacità di 1 farad quando una variazione di 1 volt al secondo produce una corrente di 1 ampère attraverso il condensatore stesso.

Il farad è però un'unità troppo grande per essere usata agli scopi pratici, ed i condensatori usati generalmente nelle apparecchiature elettroniche vengono misurati in microfarad ed in micro-microfarad. *Un microfarad corrisponde alla milionesima parte di un farad ed un micro-microfarad alla milionesima parte di un microfarad.*

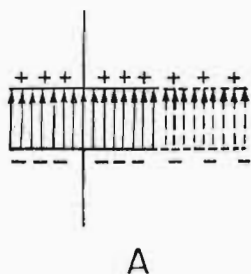



Fig. 3 A — La differenza di potenziale tra le due armature spinge le linee di flusso — qui rappresentate dalle frecce — all'interno del dielettrico. Se aumenta la superficie (parte tratteggiata) aumenta il numero di linee.

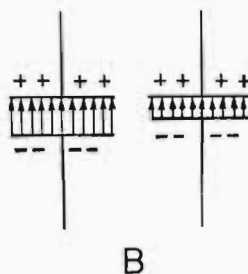



Fig. 3 B — Tra due condensatori di pari superficie, nelle armature, si ha maggiore passaggio di flusso — e quindi maggiore capacità — in quello che presenta minore distanza tra le armature stesse, vale a dire, minore spessore del dielettrico.

La capacità di un condensatore dipende da tre fattori: — la superficie degli elettrodi metallici o armature, la distanza tra di esse e la natura del dielettrico — per i seguenti motivi:

1) la differenza di potenziale tra le armature di un condensatore spinge le linee elettriche di flusso all'interno del dielettrico. Tali linee sono illustrate dalle righe presenti tra gli elettrodi del condensatore della sezione **A** di **figura 3**. È ovvio che, se la superficie delle armature viene aumentata, aumenta il numero delle linee, per cui scorre una corrente maggiore.

2) se la distanza tra gli elettrodi viene diminuita, diminuendo lo spessore del dielettrico, la distanza attraverso la quale la tensione deve spingere le linee di flusso diminuisce, per cui si ha un maggior passaggio di corrente. Per questo motivo il condensatore illustrato nella sezione **B** della figura 3 a destra, ha una capacità maggiore di quello di sinistra.

3) se in un dato condensatore si sostituisce la mica all'aria, la capacità diventa sei volte maggiore a causa della costante dielettrica K della mica che corrisponde a 6 mentre quella dell'aria corrisponde a 1.

La capacità di un condensatore ad armature parallele è data dall'equazione:

$$C = \frac{K A}{d} \times 0{,}0885$$

nella quale C equivale alla capacità in micro-microfarad ($\mu\mu F$), K equivale alla costante dielettrica del materiale usato, A equivale alla superficie di uno degli elettrodi in cm, e d alla distanza tra gli elettrodi in centimetri.

Da questa equazione si rileva che la capacità di un condensatore con armature parallele è **1)** direttamente proporzionale alle superfici opposte delle armature, **2)** inversamente proporzionale alla loro distanza (ossia allo spessore del dielettrico) e **3)** direttamente proporzionale alla costante dielettrica K.

La capacità di un condensatore può essere definita in funzione della quantità di energia che esso è in grado di immagazzinare, con una data differenza di potenziale ai suoi capi. Così, **un condensatore avente una capacità di 1 farad può immagazzinare la carica di 1 coulomb quando la differenza di potenziale è di 1 volt.** Espresso come equazione ciò diventa:

$$Q = CE$$

dove Q equivale alla quantità di elettricità immagazzinata in coulomb; C alla capacità del condensatore ed E alla differenza di potenziale in volt.

Da ciò si deduce che un condensatore piccolo può immagazzinare una carica inferiore a quella che può essere immagazzinata da un condensatore grande, a parità di tensione applicata.

In radiotecnica è praticamente impossibile avere a che fare con capacità del valore di 1 farad, in quanto una tale capacità risulta enorme; come precedentemente detto, vengono usati dei sottomultipli ossia il microfarad ed il micro-microfarad.

Per comodità di espressione sia grafica che verbale, l'unità di misura detta micro-microfarad indicata col simbolo « $\mu\mu F$ » è stata sostituita dal termine *picofarad* indicato col simbolo « pF ».

PORTATA di TENSIONE dei CONDENSATORI

Per la scelta o la sostituzione di un condensatore in un circuito per un determinato scopo, è necessario considerare **1)** il valore di capacità richiesto e **2)** l'ammontare della tensione alla quale il condensatore deve essere sottoposto. Se detta tensione è eccessiva, il materiale che costituisce il dielettrico può rompersi e bruciare. Il condensatore allora va in cortocircuito, ed il passaggio di c.c. che per conseguenza può verificarsi può danneggiare le altre parti dell'apparecchio o dispositivo. Per questo motivo i condensatori hanno una portata di tensione che non deve essere superata.

La tensione di lavoro di un condensatore è la massima tensione che può essere applicata in continuità senza danneggiarlo. Essa dipende **1)** dal tipo di materiale usato come dielettrico, nonchè **2)** dal suo spessore.

Come sappiamo, la capacità di un condensatore diminuisce con l'aumentare dello spessore del dielettrico; pertanto un condensatore per alta tensione — avente per necessità un dielettrico di notevole spessore — deve avere anche armature a superficie maggiore di quella di un condensatore della medesima capacità ma per tensione inferiore, il cui dielettrico è, ovviamente, più sottile.

La portata di tensione dipende infine anche dalla fre-

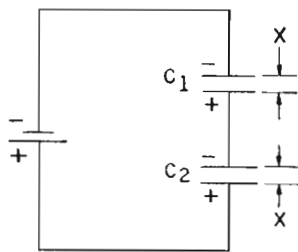
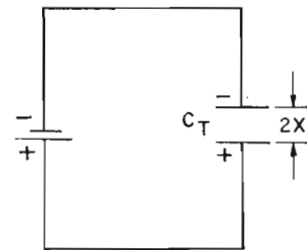



Fig. 4 — Se colleghiamo due condensatori in serie, C_1 e C_2, aventi ciascuno uno spessore « X » di dielettrico (figura A), avremo lo stesso effetto che se impiegassimo un condensatore unico, CT, con spessore del dielettrico (figura B) pari alla somma degli spessori (2X): in altre parole, minore capacità. Per contro, avremo una tensione ammissibile di lavoro molto più alta.

quenza, dato che le perdite ed il calore che da essa derivano aumentano con l'aumentare della frequenza della tensione applicata.

Un condensatore che possa funzionare in maniera appropriata con una differenza di potenziale di 500 volt c.c. non può funzionare con la medesima sicurezza se sottoposto ad una c.a. con un potenziale medio o efficace della medesima entità. In un circuito a c.a. sappiamo che la tensione sale da 0 al valore di picco due volte in ogni ciclo, pertanto è necessario prendere in considerazione tale valore massimo. Nel caso di cui sopra, poichè una tensione efficace di 500 volt ha un valore di picco di 707 volt, un condensatore che debba funzionare con 500 volt efficaci c.a. deve presentare una tensione di lavoro di almeno 750 volt. Il valore di picco che può raggiungere una c.c. pulsante è incerto; con tale tipo di tensione è procedura comune, per scegliere un condensatore, tenere il medesimo margine di sicurezza che si osserva per la c.a., ossia circa il 50% in più della tensione efficace. In ogni caso è opportuno assicurarsi sempre che la portata di tensione del condensatore sia maggiore di qualsiasi tensione presente nel circuito in cui esso deve essere impiegato.

CONDENSATORI in SERIE

Quando due o più condensatori vengono collegati in serie, la capacità totale è eguale a quella di un unico condensatore avente la massima superficie ma con un dielettrico di spessore maggiore. Si sa che, mantenendo costante la superficie, maggiore è lo spessore del dielettrico, minore è la capacità. Nel caso di condensatori collegati in serie, la capacità totale è inferiore a quella del condensatore avente la capacità minore.

La **figura 4-A** mostra due condensatori collegati in serie. In ognuno di essi lo spessore del dielettrico è *X*. L'effetto è il medesimo che avrebbe luogo se si eliminassero i due elettrodi interni, ed i due condensatori, *C1* e *C2* fossero sostituiti da un unico condensatore C_T avente la medesima superficie, ed un dielettrico di spessore pari alla somma degli spessori dei due condensatori, ossia *2X*, come nella sezione **B** della figura stessa.

La capacità totale di due o più condensatori in serie è data dalla seguente equazione:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots\ldots$$

Poichè, in effetti, lo spessore del dielettrico aumenta quando i condensatori vengono collegati in serie, la tensione di lavoro di tale combinazione aumenta anch'essa in proporzione. Teoricamente, la tensione di lavoro dovrebbe corrispondere alla somma delle tensioni di lavoro di ogni singolo condensatore. È però opportuno ricordare che le tensioni presenti ai capi dei condensatori si dividono in proporzione inversa alle loro capacità.

Consideriamo un condensatore da 0,1 microfarad in serie ad un altro da 0,2 microfarad, sotto una tensione alternata di 300 volt: il primo sviluppa ai suoi capi una tensione — supponiamo — di 200 volt, mentre il secondo sviluppa una tensione di 100 volt. Tuttavia, la tensione continua, eventualmente presente, si divide in proporzione diretta relativamente alla resistenza ohmica dei due dielettrici contemplati.

Poichè generalmente le qualità isolanti di un condensatore differiscono da quelle di un altro, anche se le due capacità sono eguali, la divisione della tensione continua può verificarsi in parti disuguali. Ciò è illustrato dal seguente esempio: supponiamo che due condensatori da 0,1 µF-500 volt, vengano collegati in serie sotto una tensione continua di 1.000 volt. Se la resistenza alla c.c. di uno di essi è di 45 Mohm e quella dell'altro è di 15 Mohm, la tensione presente ai capi del primo è il triplo di quella presente ai capi del secondo. Anche se ognuno di essi ha una tensione di lavoro di 500 volt, non è sicuro collegarli in serie e sottoporli ad una differenza di potenziale di 1.000 volt, in quanto il primo avrebbe ai suoi capi 750 volt, ed il secondo solo 250. Ciò significa che il condensatore con resistenza maggiore verrebbe deteriorato e che quindi l'intera tensione di 1.000 volt si troverebbe ai capi del secondo, deteriorandolo a sua volta. Tale inconveniente può essere ovviato collegando in parallelo ad ogni condensatore una resistenza di valore relativamente basso rispetto alla resistenza del condensatore, ad esempio di 1 Mohm.

Quando i condensatori vengono usati per bloccare un potenziale a c.c., la loro resistenza diventa un fattore molto importante. Ad esempio, la pratica insegna che per i condensatori di accoppiamento, la resistenza deve essere maggiore di 50 Mohm: se è inferiore, i condensatori devono essere sostituiti.

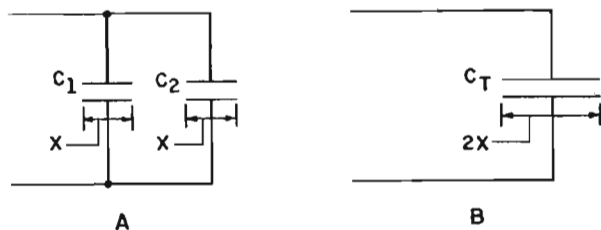



Fig. 5 — Collegando due condensatori in parallelo, C_1 e C_2, ciascuno con superficie « X » delle armature (figura A) avremo lo stesso effetto che se adottassimo un condensatore unico, CT, con superficie (figura B) pari alla somma delle superfici (2X): in altre parole, maggiore capacità. La tensione ammissibile di lavoro, rimane quella del condensatore a tensione più bassa.

Fig. 6 — Portando il commutatore dalla posizione « 2 » alla « 1 » (figura A) si attua la carica del condensatore con la tensione della batteria. La corrente di carica, massima al primo istante, scende poi gradualmente (figura B) in quanto ai capi del condensatore si forma una tensione opposta a quella della batteria. La carica cessa quando le due tensioni risultano eguali.

CONDENSATORI in PARALLELO

Il collegamento dei condensatori in parallelo, corrisponde in realtà ad un aumento della superficie delle armature (**figura** 5). Poichè all'aumento della superficie corrisponde un aumento della capacità, la capacità totale è data dalla somma delle capacità individuali. Così si ha:

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots\ldots$$

Si noti che, mentre **i condensatori in serie si comportano nei loro valori come le resistenze in parallelo, i condensatori in parallelo si comportano viceversa come le resistenze in serie.**

La tensione limite di deterioramento dei condensatori in parallelo non supera quella del condensatore presente nel gruppo avente la più bassa tensione di isolamento.

I CONDENSATORI nei CIRCUITI a C.C.

Abbiamo già visto gli effetti di un campo magnetico in un circuito induttivo. Quando una corrente continua viene applicata improvvisamente ad una bobina, il campo magnetico che si espande fa sì che la corrente sia in ritardo rispetto alla tensione. Sappiamo che si sviluppa un potenziale opposto, proporzionale alle variazioni di corrente, che raggiunge un valore massimo quando dette variazioni avvengono molto rapidamente. Sappiamo anche che, analogamente, quando il campo magnetico cessa di colpo, la corrente decresce in maniera esponenziale e raggiunge gradatamente il valore zero, in quanto la f.e.m. opposta tende a mantenerla in azione. A causa di ciò, un'induttanza si oppone a qualsiasi variazione della corrente che la percorre. Essa oppone la maggiore reattanza nel primo istante in cui la tensione viene applicata, perchè è allora che la corrente subisce la più rapida variazione.

L'effetto di un condensatore è l'opposto di quello di un'induttanza. Esso permette il passaggio di una corrente solo quando varia la tensione presente ai suoi capi. Quando un condensatore viene collegato ad una batteria, la corrente che si manifesta al primo istante ha la massima intensità perchè esso non contiene alcuna carica che si opponga al potenziale della sorgente.

Consideriamo ora il circuito in serie della **figura 6-A.** Quando il deviatore è in posizione *2*, le cariche sulle armature del condensatore sono reciprocamente neutre, esso è scarico e la tensione ai suoi capi è zero. Quando invece lo si commuta in posizione *1*, il condensatore comincia a caricarsi. Nel primo istante esso oppone una reattanza talmente bassa da costituire praticamente un cortocircuito; poichè l'unica opposizione al passaggio della corrente è la resistenza, la corrente sale immediatamente al valore $E:R$. È opportuno notare che, durante la carica del condensatore, la corrente è massima nel primo istante, come si è detto, ma scende poi gradatamente a zero — (vedi figura 6-**B**). Man mano che il condensatore si carica, ai suoi capi si forma una tensione opposta a quella della batteria. Tale tensione quindi si oppone al passaggio di corrente; questa, di conseguenza, diminuisce gradatamente con l'aumentare della tensione. Quando infine la tensione prodottasi raggiunge il valore di quella della batteria, la corrente cessa di scorrere (figura 6-**B**).

Portiamo ora il deviatore in posizione *2*. Dal momento che il condensatore è completamente carico ad una tensione pari a quella della batteria, la corrente si scarica, in direzione opposta, attraverso la resistenza. La corrente di scarica ha la massima intensità nell'istante in cui il deviatore chiude il circuito: questo massimo di corrente ha la medesima entità della corrente massima di carica.

Si noti che la corrente di scarica scorre in direzione opposta a quella di carica; essa continua a scorrere diminuendo gradatamente fino alla scomparsa della carica, come è mostrato dalle curve di tensione e di corrente della figura 6-**C**.

La forma o andamento della curva di carica è identica a quella della curva di scarica, ed è nota col nome di curva esponenziale.

Come è illustrato dalla figura 6, quando una sorgente di c.c. viene improvvisamente collegata ad un circuito capacitivo, la tensione presente ai capi del condensatore non raggiunge il valore massimo immediatamente ma gradatamente.

Il tempo che è necessario affinchè il potenziale del condensatore raggiunga quello della sorgente, dipende dalla resistenza del circuito e della capacità del condensatore. La resistenza in serie presente nel circuito di figura 6, limita il massimo ammontare di corrente che può scorrere. Per questo la resistenza rappresenta un fattore della

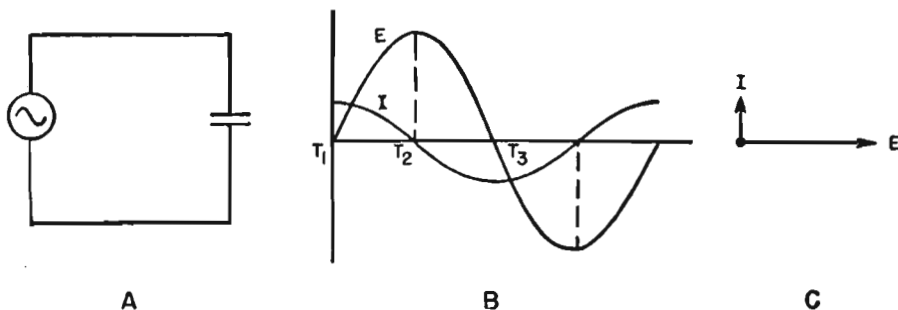



Fig. 7 — Una sorgente di corrente alternata (figura A) fornisce la tensione « E » (figura B) ad un condensatore. Nell'istante « T_1 » la tensione è a zero (e la corrente è al suo massimo valore), in « T_2 » il massimo è raggiunto da « E » (e la corrente è a zero): si ripetono poi le posizioni con la semionda negativa. Ne risulta che la corrente anticipa di 90°, così come dimostra la rappresentazione vettoriale alla figura C.

massima importanza agli effetti del tempo di carica e della scarica del condensatore stesso.

Ricordiamo che il prodotto dei valori di resistenza (in ohm) e della capacità (in farad) si chiama costante di tempo del circuito: è espressa in secondi, e, come è noto, rappresenta il tempo necessario affinchè la tensione presente ai capi del condensatore raggiunga il 63,2% della tensione applicata.

I CONDENSATORI nei CIRCUITI a C.A.

Come abbiamo spiegato precedentemente, un condensatore in serie in un circuito a c.c. blocca la corrente ad eccezione di ciò che riguarda la corrente istantanea di carica che ha luogo appena il deviatore viene chiuso. In un circuito a c.a. invece, dal momento che tanto la tensione quanto la corrente variano continuamente e si invertono periodicamente, si ha un passaggio costante di corrente.

Nella **figura 7-A,** viene illustrata una sorgente di c.a. in serie ad un condensatore. L'uscita sinusoidale *E* dell'alternatore è visibile nella sezione **B** della figura. Nell'istante T_1, *E* è zero (è però in procinto di raggiungere il suo massimo valore) pertanto la corrente *I* ha in quel momento il suo valore massimo.

Nell'istante T_2 invece *E* è al massimo (ma tende poi a ridursi a zero) per cui il valore della corrente attraverso la capacità è zero. Nell'istante T_3, *E* è nuovamente zero (ma tende verso il massimo valore in direzione negativa) per cui la corrente ha il massimo valore negativo. È da notare che la corrente *I* del circuito oltre ad essere sinusoidale, è in anticipo di 90° rispetto ad *E*. La sezione **C** della figura illustra la rappresentazione vettoriale.

In un circuito capacitivo la corrente anticipa di 90° rispetto alla tensione. Ciò è esattamente l'opposto di quanto accade in un circuito induttivo in cui, viceversa, la tensione è in anticipo di 90° rispetto alla corrente.

Un buon sistema per ricordare le relazioni di fase tra corrente e tensione nei due casi, consiste nel ricordare le due sillabe « **ELI** » ed « **ICE** ».

Nella sillaba « *ELI* » la lettera in centro « *L* » rappresenta l'induttanza. La « *E* » è prima della *I*, significando che la tensione, *E*, precede la corrente, *I*, attraverso una induttanza.

Nella sillaba « *ICE* », la lettera in centro « *C* » rappresenta la capacità. La « *I* » è prima della « *E* », significando che la corrente, *I*, precede la tensione *E*, attraverso una capacità.

REATTANZA CAPACITIVA

La capacità, pur permettendo il passaggio della corrente alternata, offre alla stessa una certa opposizione. L'opposizione dovuta alla capacità di un circuito, costituisce la **reattanza capacitiva.** L'unità di misura della reattanza capacitiva è l'ohm, ed il simbolo è *X*. Come abbiamo visto, il passaggio di corrente in un circuito capacitivo dipende dal valore della capacità, dal rapporto di variazione della tensione applicata, e dall'ampiezza di tale tensione. A sua volta, il rapporto di variazione della tensione dipende dalla frequenza. Pertanto:

$$I = 2\pi FCE$$

nella quale *I* è la corrente in ampère, *F* la frequenza in Hertz (cicli al secondo), *C* la capacità in farad ed *E* la tensione applicata in volt.

Sappiamo che: $\omega = 2\pi F$

per cui:

$$I = \omega CE$$

Il rapporto della tensione ai capi di un condensatore rispetto alla corrente che lo attraversa costituisce l'opposizione da parte dello stesso, ossia la reattanza capacitiva, X_c, in ohm. Quindi:

$$X_c = \frac{E}{I} = \frac{E}{\omega CE} = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi FC}$$

È da notare che X_c è inversamente proporzionale alla frequenza ed anche alla capacità, ossia con l'aumentare della frequenza o della capacità, minore è la reattanza, e quindi maggiore è la corrente che passa.

RESISTENZA e CAPACITA' in SERIE

L'opposizione totale alla corrente in un circuito in serie formato sia da una capacità che da una resistenza, non è che la combinazione della resistenza *R* e della reattan-

Fig. 9 — Capacità e resistenza in parallelo. Rispetto al vettore « E » della tensione applicata, la corrente « IR » è in fase, perciò a zero gradi: la corrente « IC » invece è in anticipo di 90°. Risolvendo rispetto al triangolo, si ottiene la corrente totale « IT » e poscia l'impedenza « ZT ».

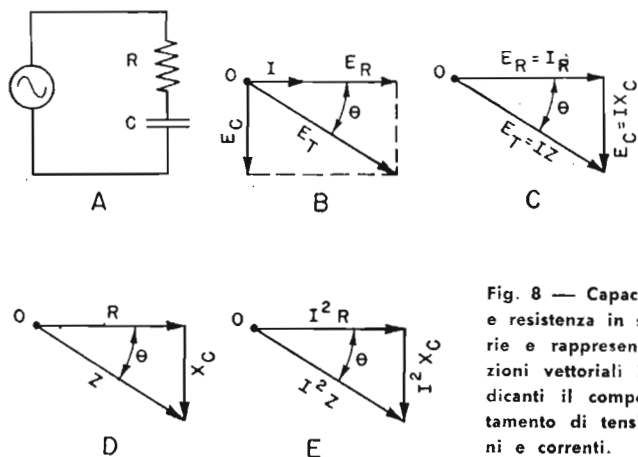



Fig. 8 — Capacità e resistenza in serie e rappresentazioni vettoriali indicanti il comportamento di tensioni e correnti.

za capacitiva X_c, e costituisce l'impedenza, la quale viene anch'essa misurata in ohm.

Consideriamo una capacità ed una resistenza collegate in serie ad un alternatore (**figura 8-A**). In un circuito in serie la corrente è eguale in tutti i punti, sia in intensità che in fase; tuttavia, le cadute di tensione ai capi dei due citati componenti non sono identiche. Inoltre sono reciprocamente sfasate di 90°.

La tensione E è in fase con I attraverso R, mentre la tensione E ai capi di C è in ritardo rispetto ad I di 90°. Tali tensioni sono rappresentate nella figura come diagrammi vettoriali polari; I costituisce il vettore orizzontale di riferimento.

Dal momento che le tensioni sono sfasate, esse devono essere sommate vettorialmente onde ottenere il valore totale. Come si vede sul diagramma vettoriale (Sez. **C**), la tensione vettoriale E_T, costituisce l'ipotenusa di un triangolo rettangolo di cui E_R ed E_C costituiscono a loro volta i cateti. Si ha:

$$E_T = \sqrt{E_R^2 + E_C^2}$$

L'impedenza di un circuito in serie di questo tipo può essere calcolata in base alla tensione totale, E_T, ed alla corrente di linea, I, ossia:

$$Z = \frac{E_T}{I}$$

Supponiamo ora di rappresentare le tensioni presenti ai capi dei due componenti in funzione delle relative cadute di tensione, ossia la caduta di tensione ai capi della resistenza (pari ad IR) e la caduta ai capi del condensatore (pari a IX_c). La tensione totale è IZ (figura 8-C).

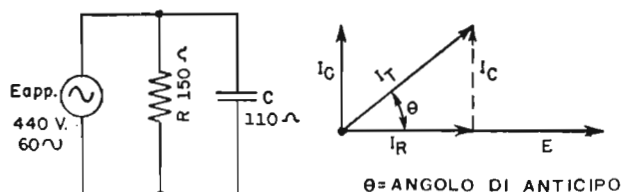
Dal momento che I è comune ad entrambi i fattori, è possibile eliderla e quindi ricavare una equazione che permetta di calcolare il valore dell'impedenza, come segue:

$$IZ = \sqrt{(IR)^2 + (IX_c)^2}$$

$$IZ = \sqrt{I^2 (R^2 + X_c^2)} = I\sqrt{R^2 + X_c^2}$$

da cui:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$$

L'ultima equazione esprime l'impedenza del circuito in funzione della resistenza e della reattanza capacitiva, ed è molto importante: in essa Z, R ed X_c sono espresse in ohm.

RESISTENZA e CAPACITA' in PARALLELO

In qualsiasi circuito in parallelo la tensione presente ai capi di tutti i componenti è la medesima; pertanto, nella rappresentazione vettoriale, si usa il valore della tensione come riferimento.

La **figura** 9 illustra una capacità ed una resistenza in parallelo tra loro, collegate ad un generatore di corrente alternata.

La corrente che scorre nella resistenza è in fase rispetto al potenziale applicato, ed è rappresentata a 0° in corrispondenza del vettore, E, tensione applicata. La corrente che passa attraverso il condensatore è invece in anticipo di 90° rispetto alla tensione, ed è rappresentata a 90° in senso antiorario rispetto alla tensione. Prendendo I_T come ipotenusa, si traccia un triangolo rettangolo, e, risolvendo geometricamente rispetto alla corrente totale:

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$$

L'impedenza della combinazione in parallelo, Z_t è data da:

$$Z_T = \frac{E \text{ applicata}}{I_T}$$

CAPACITA' e INDUTTANZA DISTRIBUITE

Negli apparecchi radio, oltre all'induttanza ed alla capacità intrinseche rispettivamente degli avvolgimenti e dei condensatori, vi sono effetti distribuiti, sia di induttanza che di capacità, introdotti dai conduttori di collegamento, dai commutatori, dagli zoccoli di collegamento e da altri componenti. Queste capacità ed induttanze distribuite acquistano notevole importanza nel campo delle radiofrequenze.

Con l'aumentare della frequenza del segnale applicato, la reattanza capacitiva diminuisce ed offre minore opposizione al passaggio della corrente. Nel campo delle alte frequenze può verificarsi la presenza di forti correnti nei punti in cui a frequenze basse scorrono correnti trascurabili.

La reattanza induttiva aumenta in proporzione diretta rispetto alla frequenza. Un comune pezzo di filo, la cui reattanza induttiva è del tutto trascurabile alle frequenze basse, può avere, rispetto alle frequenze alte, una reattanza induttiva talmente alta da neutralizzare il funzionamento di un circuito.

CONDENSATORI

Il condesatore tipico, e cioè quello ad armature parallele, di cui ci siamo occupati nella lezione precedente subisce, nella pratica realizzazione, svariate ed importanti modifiche al fine di meglio ottemperare alle infinite necessità che si presentano nei circuiti.

I condensatori di normale produzione industriale si dividono anzitutto — già lo sappiamo — in due classi principali: condensatori **fissi** e condensatori **variabili.**

I primi vengono utilizzati nei casi in cui occorre la presenza di una capacità costante in ogni momento del funzionamento, mentre i secondi hanno un impiego limitato a quei casi in cui occorre disporre, in tempi diversi, di capacità di vario valore, con possibilità di variazione rapida e semplice del valore.

I condensatori fissi vengono individuati e distinti generalmente con riferimento alla natura del materiale che costituisce il dielettrico; i condensatori variabili — che hanno quasi sempre per dielettrico l'aria — a seconda del loro impiego.

I primi comprendono pertanto i tipi a carta, ad olio, a carta-olio, a mica, a materiale plastico, nonchè i tipi ceramici ed elettrolitici. I secondi si dividono in condensatori di sintonia, compensatori, semifissi (o semivariabili), condensatori di neutralizzazione.

Come vedremo in seguito, esiste, per certi condensatori fissi — così come per le resistenze — un codice di colori in base al quale, opportunamente segnando il condensatore è possibile sempre una rapida individuazione della sua capacità.

CONDENSATORI a CARTA PARAFFINATA

Il condensatore a carta paraffinata è un componente di largo impiego più che altro in campo telefonico nei tipi ad alto valore capacitivo, ma trova anche vasta applicazione, nelle capacità comprese tra 0,0001 µF ed 1 µF, nel ramo radio.

La carta paraffinata ha una costante dielettrica pari a 3,5 ed una tensione di perforazione variabile da 1.200 a 1.800 volt per uno spessore di 0,24 mm. In questo tipo di condensatore, le armature sono costituite da lunghe strisce metalliche, separate tra loro da carta paraffinata, ed avvolte in modo da costituire un corpo solido, compatto, di forma cilindrica o appiattita. Naturalmente, è necessario l'impiego di più di uno strato isolante al fine di evitare che le eventuali imperfezioni della carta favoriscano la perforazione; i tipi così realizzati vengono normalmente usati nei casi in cui la tensione di lavoro non supera i 600 volt. È inoltre opportuno notare che, essendo gli elettrodi avvolti a spirale, ciascuno di essi ha due superfici attive, in quanto ognuna delle facce di un elettrodo viene contrapposta ad una dell'altro: la superficie attiva corrisponde così a quella del doppio della superficie di un elettrodo.

La **figura 1** illustra le caratteristiche costruttive interne del condensatore a carta del tipo appiattito, e la **figura 2**, relativa anch'essa ad un condensatore a carta, mostra la costituzione di un tipo cilindrico. Sottili strisce metalliche sporgono leggermente da entrambi i lati, e, più esattamente, una per ogni estremità. In tal modo è possibile saldare i terminali di collegamento ad ogni spira — e non solo ad un capo — evitando che i due elettrodi, avvolti parallelamente come una induttanza, si comportino anche come tale, il chè rappresenterebbe un inconveniente ai fini funzionali. La saldatura contemporanea di tutte le spire costituisce un cortocircuito totale che neutralizza l'effetto induttivo. Tale tipo di condensatore viene perciò definito come *non induttivo* o *anti induttivo.*

Il pacchetto così costituito viene quindi racchiuso in un involucro di materiale isolante o di metallo internamente isolato, e sigillato mediante cera o catrame onde evitare la penetrazione dell'umidità e della polvere.

Generalmente, i soli condensatori aventi una polarità determinata sono gli elettrolitici (a dielettrico liquido o gelatinoso): con essi occorre rispettare la polarità indicata, ed è già più che evidente da ciò, che questo tipo si presta solo all'impiego con corrente continua. Qualsiasi altro tipo di condensatore può essere collegato in derivazione (in parallelo) ad una sorgente di c.a. o di corrente pulsante, indipendentemente dalla polarità. Tuttavia, i comuni condensatori fissi che vengono normalmente impiegati nei circuiti a c.a. a frequenza relativamente elevata, portano un contrassegno che distingue il lato corrispondente all'elettrodo esterno; tale contrassegno è posto su uno dei collegamenti terminali, o è costituito da un anello di colore scuro posto su una estremità dell'involucro. Esso ha lo scopo di assicurare che l'elettrodo esterno venga collegato a massa, poichè in tal modo l'armatura esterna agisce da schermo nei confronti dell'intero condensatore: diversamente, se venisse collegato a massa l'elettrodo interno, quello esterno presenterebbe, libero elettrostaticamente, tutto il potenziale della tensione alternata applicata e potrebbe di conseguenza influenzare i circuiti posti nelle sue immediate vicinanze.

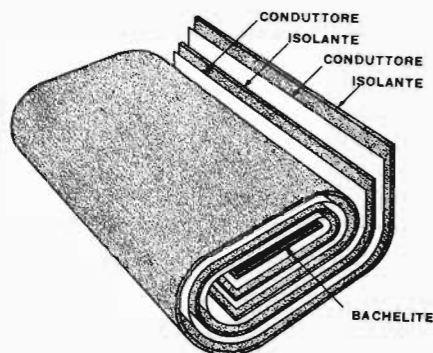



Fig. 1 — Elementi costituenti un condensatore a dielettrico carta. Avvolgimento a pacchetto piatto.

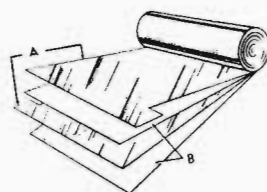



Fig. 2 — Condensatore a carta di tipo cilindrico. Con « A » vengono indicate le due strisce metalliche costituenti le armature e con « B » i fogli di carta dielettrico.

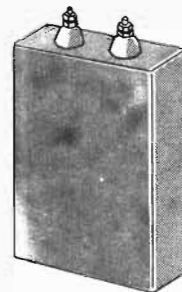



Fig. 3 — Esecuzioni diverse di condensatori a carta. Quello in alto, a destra, è del tipo « ad olio ».

Naturalmente, il contrassegno di cui sopra perde tale utilità se il condensatore è racchiuso in un involucro metallico; quest'ultimo, collegato a massa, agisce egualmente da schermo.

La **figura 3** mostra diversi tipi di condensatori a carta, nei quali si notano le varie soluzioni per gli involucri, per i terminali e per il contrassegno dell'armatura esterna.

CONDENSATORI ad OLIO

I condensatori destinati al funzionamento con tensioni relativamente alte (oltre 600 volt), come ad esempio per gli impieghi nei radio trasmettitori, sono spesso del tipo ad olio. Dalla tabella apposita relativa alle caratteristiche dielettriche dei vari materiali, si noterà che la tensione di perforazione dell'olio è considerevolmente inferiore a quella della carta; tuttavia, se quest'ultima viene *impregnata di olio,* acquista una caratteristica dielettrica molto migliore, ed allora può essere utilizzata nella costruzione di condensatori atti a funzionare con tensioni comprese tra 600 e 2.000 volt. Quando tali condensatori devono sopportare forti correnti, è opportuno che vengano posti in ambienti a temperatura piuttosto bassa, o comunque lontano dalle sorgenti di calore.

Un particolare interessante è costituito dal fatto che i tipi di condensatori a carta relativamente costosi, adatti a tensioni abbastanza alte, vengono *immersi* in olio allo scopo di evitare l'infiltrazione dell'umidità, onde prevenire le ossidazioni ed i cortocircuiti, e vengono perciò chiamati *condensatori ad olio,* pur essendo l'olio stesso un mezzo di chiusura, e non il dielettrico. L'olio contribuisce alla costanza della capacità ed alla resistenza alla perforazione dovuta eventualmente all'acqua salata o all'influenza dei climi tropicali.

In pratica, i condensatori ad olio assomigliano a quelli a carta, e devono portare un contrassegno che li distingue: il tipo più alto tra quelli illustrati nella figura 3, è ad olio.

I grossi condensatori per trasmettitori, nei quali si impiega a volte anche il vetro come dielettrico, vengono spesso immersi in olio onde evitare lo scintillio tra gli elettrodi o tra i terminali, dovuto alla alta tensione di esercizio.

CONDENSATORI a MICA

I condensatori a mica vengono usati generalmente per ottenere capacità comprese tra 5 pF (picofarad) e 50.000 pF (cioè da 0,000005 a 0,05 μF). Il loro impiego è riservato ai circuiti ad Alta Frequenza.

Dal momento che la costante dielettrica supera di 5 o 6 volte quella dell'aria, e che la sua tensione di perforazione è molto più alta (circa 2.000 volt con spessore di 0,02 mm) questo materiale, pure essendo piuttosto costoso, viene usato anche per i condensatori per Alta Frequenza ad alta tensione (fino a 7.500 volt). Le dimensioni di questi condensatori risultano piccole in confronto a quelle di condensatori della medesima capacità e tensione di perforazione del tipo a carta. La **figura 4** mostra la sezione di un tipico condensatore a mica ad alta capacità: sono visibili i dettagli costruttivi interni. In esso si trovano strati alternati di mica e sottili fogli metallici, pressati e racchiusi in un involucro di bachelite o di matera plastica, ottenendosi così una buona compattezza e solidità.

Alcuni condensatori a mica di uso commerciale e di tipo economico — allorchè si tratta di capacità non superiori a 2.000 pF — sono costituiti da tre fogli di mica di cui i due esterni agiscono da protezione, e quello interno da dielettrico rispetto a due strati di deposito metallico distribuito sulle sue due facciate. Gli strati non coprono l'intera superficie, bensì ognuno di essi lascia libero per qualche millimetro un lato per permettere il fissaggio di un rivetto al quale va unito il terminale di collegamento. I due rivetti — ognuno dei quali è in contatto con un elettrodo — fermano contemporaneamente i due fogli esterni, i quali, a montaggio ultimato, vengono rivestiti di una vernice protettiva che reca, stampigliati, i valori di capacità e di isolamento, o in cifre o secondo un codice colorato.

La **figura 5** illustra un certo numero di condensatori a mica. È possibile rilevare le forme essenziali che distinguono le varie esecuzioni, nonchè i tipi dei terminali, che possono essere costituiti da fili da saldare, da rivetti o da viti con dado.

CONDENSATORI CERAMICI

L'uso sempre maggiore delle frequenze molto alte, particolarmente nel campo della televisione e delle co-

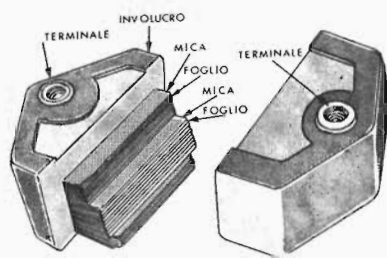



Fig. 4 — Condensatore a mica, di elevata capacità, sezionato per illustrare la struttura interna. Si può vedere la disposizione dei fogli di mica e dei fogli metallici.

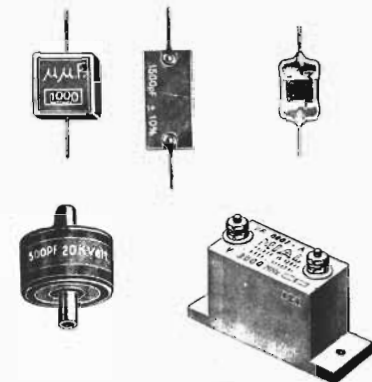



Fig. 5 — Esecuzioni diverse di condensatori a mica per impieghi in ricevitori e trasmettitori.

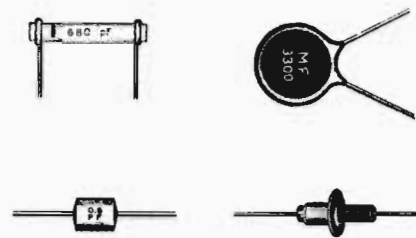



Fig. 6 — Alcuni tipi di condensatori a dielettrico ceramico, per usi in apparecchi riceventi. Vengono costruiti anche modelli ad elevata tensione di esercizio per impiego con forti correnti. I condensatori ceramici sono preferiti nei circuiti a frequenze elevate, date le basse perdite che li caratterizzano in tali applicazioni.

municazioni ad onde ultra corte, ha portato allo sviluppo dei condensatori ceramici. Essi vengono quasi sempre usati per capacità molto piccole, comprese tra 0,5 e 250 pF (0,0000005 μF e 0,00025 μF). Generalmente, tali condensatori sono realizzati con dischetti di materiale ceramico il quale costituisce il condensatore stesso agendo da dielettrico e da supporto nel medesimo tempo, oppure da piccoli cilindri del medesimo materiale. I terminali sono fissati su entrambe le estremità del cilindro, o sulle due superfici del dischetto, le quali vengono cosparse di vernice d'argento. Nel tipo cilindrico la vernice metallica viene distribuita sulle due superfici, interna ed esterna; in tal modo i due strati di vernice costituiscono le armature mentre il materiale ceramico costituisce il dielettrico. A causa delle loro dimensioni, della forma e dell'espressione del valore mediante un codice colorato, questi condensatori vengono a volte confusi con le resistenze alle quali molto assomigliano.

Anche i condensatori ceramici — così come quelli a mica — si prestano all'uso per la realizzazione di apparecchi aventi in giuoco una certa potenza, i cui circuiti funzionano spesso con tensioni molto alte. Il loro uso, in tal caso, è particolarmente esteso, ad esempio, nei trasmettitori. I tipi illustrati alla **figura 6** sono alcuni esemplari tra i più comuni per applicazioni nei ricevitori.

CONDENSATORI ELETTROLITICI

Nello studio delle batterie a secco abbiamo visto come uno dei loro inconvenienti consista nel fatto che l'elettrodo positivo si polarizza; su di esso si formano bollicine di idrogeno le quali, agendo da isolante, troncano il passaggio della corrente attraverso la soluzione elettrolitica. Dal momento che questa pellicola gassosa costituisce un isolante tra due conduttori, una batteria completamente polarizzata può essere considerata come un condensatore. Una reazione analoga sta alla base del principio di funzionamento dei cosidetti condensatori elettrolitici. Se due elettrodi di alluminio vengono immersi in una soluzione elettrolitica adatta, come ad esempio di borace (tetraborato di sodio) e collegati ad una sorgente di corrente continua, su quello positivo si deposita una sottile pellicola di ossido la quale, dopo alcuni minuti, costituisce uno strato isolante che tronca il passaggio della corrente; in tal modo si crea un *condensatore elettrolitico*. La **figura 7** illustra la sezione di un condensatore elettrolitico tipico nel quale l'involucro agisce da terminale negativo, mentre l'elettrodo positivo si trova al centro. Poichè su quest'ultimo si forma lo strato isolante, la soluzione presente tra i due, eminentemente conduttiva, si comporta essa stessa come elettrodo negativo col quale è in diretto contatto. Da ciò si deduce che la denominazione di condensatore elettrolitico è impropria, in quanto l'elettrolita funge da elettrodo e non da dielettrico, ed il secondo elettrodo d'alluminio, costituente l'involucro, funge unicamente da conduttore per il collegamento. Se la sorgente c.c. viene invertita di polarità, la corrente scorre finchè si è formata una pellicola sul secondo elettrodo. I condensatori elettrolitici — dato il fenomeno di formazione ora esposto — sono polarizzati; essi sono molto efficaci nei circuiti a c.c. pulsante, ossia essenzialmente a c.c. con una componente di c.a. I condensatori elettrolitici destinati all'uso con corrente alternata impiegano elettrodi entrambi ossidati precedentemente: in tal modo si ottiene una caratteristica isolante in entrambi i sensi.

La pellicola di ossido che si forma sull'elettrodo positivo di un condensatore elettrolitico, ha generalmente uno spessore inferiore a 25 millesimi di millimetro, e può sopportare tensioni dell'ordine di 500 volt. Poichè la capacità dipende dalla distanza tra le armature — oltre che dalla loro superficie — è facile dedurre che, grazie alla straordinaria sottigliezza della pellicola dielettrica, è possibile realizzare condensatori elettrolitici di capacità molto superiore a quella di condensatori di altro tipo delle medesime dimensioni. Inoltre, la tensione di perforazione dello strato di ossido è leggermente più alta del valore normale della tensione usata per l'alimentazione degli apparecchi radio, per cui tali condensatori trovano ampio impiego nei circuiti a tensione relativamente bassa (inferiore a 600 volt) come ad esempio nei filtri di alimentazione, la cui tensione continua pulsante a bassa frequenza richiede forti capacità per la produzione di corrente effettivamente continua.

In aggiunta a quanto detto fino ad ora precisiamo che la tensione di perforazione di un condensatore elettrolitico è determinata dalla tensione a c.c. applicata agli elettrodi al momento della fabbricazione per produrre lo

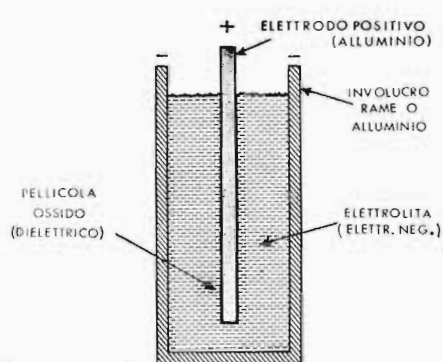



Fig. 7 — La figura illustra un condensatore elettrolitico, nei suoi elementi caratteristici: elettrodi, elettrolita e pellicola d'ossido costituente il dielettrico.

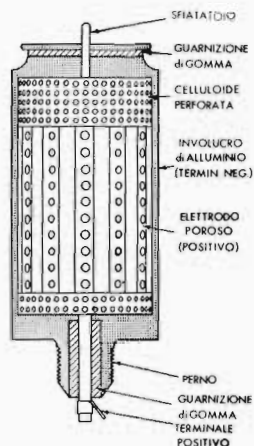



Fig. 8 A — Condensatore elettrolitico a liquido, visto in sezione. Questo tipo di costruzione è oramai abbandonato per i suoi inconvenienti.

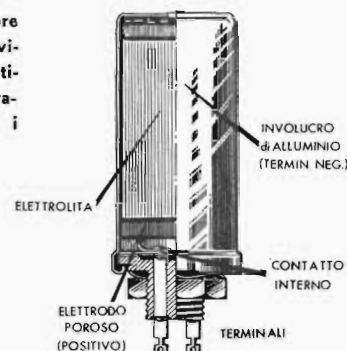



Fig. 8 B — Elettrolitico di moderna costruzione. Viene detto a secco, in quanto l'elettrolita non è liquido, come nel tipo a fianco, bensì gelatinoso.

strato di ossido (formazione). Se tale tensione è bassa, lo strato è molto sottile e la capacità molto alta. Ad esempio, un condensatore tipico usato per alimentazione a tensione molto bassa, può avere una capacità di 2.000 µF con una tensione di 20 volt. Se invece si usa nella fabbricazione una tensione più alta, lo strato di ossido è di spessore maggiore, per cui la capacità è inferiore a parità di superficie, mentre è maggiore la tensione di lavoro. Tuttavia, la massima tensione è, come si è detto, approssimativamente di 500 volt, in quanto non è possibile produrre strati di ossido di spessore maggiore. La tensione di perforazione può essere portata ad un massimo di 600 volt in relazione alla purezza chimica degli elettrodi e dell'elettrolita; il progresso intervenuto nella tecnologia di questi organi, in questi ultimi anni, ha reso correnti questi ultimi tipi, una volta eccezionali perchè troppo costosi.

Poichè il vantaggio principale dei condensatori elettrolitici consiste nella possibilità di avere grandi capacità con piccole dimensioni, si è compiuto ogni sforzo per aumentare la superficie dell'elettrodo positivo. Come sappiamo quello negativo è costituito dall'elettrolita stesso. L'elettrodo positivo può essere formato da un rotolo di alluminio sottile, la cui superficie può essere pieghettata, corrugata o corrosa allo scopo di aumentarne l'area. Per questo motivo gli elettrodi positivi vengono prefabbricati in quanto ogni irregolarità della superficie provoca una superficie di contatto maggiore nei confronti dell'elettrolita che aderisce in ogni punto. Uno strato di celluloide perforata o di altro materiale isolante analogo, viene inserito tra gli elettrodi onde evitare che l'elettrodo positivo vada in diretto contatto con quello negativo formando così un cortocircuito.

La **figura 8-A** illustra la sezione di un elettrolitico vecchio tipo, a liquido, mentre nella sezione **B** si nota la forma porosa dell'elettrodo positivo e quella tubolare dell'involucro in una realizzazione più moderna.

I cosidetti elettrolitici a liquido ora descritti presentano alcuni inconvenienti agli effetti pratici, in quanto l'elettrolita, liquido, richiede la presenza di un foro superiore che permetta l'uscita dei gas che si sviluppano. A causa di tale foro il condensatore può essere montato, ovviamente, solo in posizione verticale, ed è necessario fare molta attenzione a che il liquido non si disperda. Per questo motivo i condensatori **elettrolitici a secco** hanno trovato un campo di applicazione più esteso.

In questo tipo, l'elettrodo positivo ed il terminale di collegamento negativo sono generalmente sottili strisce di alluminio separate da un materiale *gelatinoso* costituente l'elettrolita, supportato da una striscia di garza, di carta, o di altro materiale analogo. L'elettrodo positivo viene formato mediante un processo elettro-chimico che lo ricopre di una pellicola di ossido estremamente sottile. Questo ossido-dielettrico conferisce all'elettrodo un aspetto poroso, in contrasto con l'aspetto del terminale negativo che rimane invece levigato e lucido.

L'elettrodo negativo, così come nei condensatori a liquido, è l'elettrolita. La sezione **A** della **figura 9** mostra i particolari del principio realizzativo. L'elettrodo positivo del condensatore, che è a diversi strati, viene tagliato in sezioni alle quali vengono collegati dei terminali separati; il terminale negativo e l'elettrolita sono in comune a tutte le sezioni, come è visibile nella sezione **B.** Sia nei tipi a sezione unica che in quelli a varie sezioni, le strisce sono avvolte e racchiuse in un involucro di materiale impermeabile o di metallo, analogamente ai condensatori a carta precedentemente descritti. Dal momento che l'elettrolita non ha possibilità di uscita, il condensatore può essere montato in qualsiasi posizione, per cui si presta a qualsiasi realizzazione compatta. Sono inoltre impiegati speciali elettrodi positivi che permettono di ottenere capacità molto alte con dimensioni veramente ridotte. La **figura 10** illustra vari tipi di condensatori elettrolitici.

Un altro inconveniente dei condensatori elettrolitici — sia a secco che a liquido — consiste nella notevole perdita di potenza nei confronti dei tipi a carta. In teoria, un condensatore dovrebbe opporre una reattanza infinita alla c.c., ma, poichè non esiste un dielettrico perfettamente isolante, la resistenza alla c.c. è definita, ossia ha un valore alto ma non trascurabile. Essa costituisce pertanto una perdita stabile di potenza a causa del passaggio di corrente; un buon condensatore elettrolitico ha una resistenza alla c.c. lievemente superiore ad 1 Mohm, assai bassa quindi in confronto a quella minima di 200 Mohm di un buon condensatore a carta.

Tale resistenza comporta una costante perdita di corrente, e quindi una lieve dissipazione di potenza attraverso il condensatore. Come si è già detto, i condensatori elettrolitici nonostante ciò, sono correntemente impiegati nei circuiti di alimentazione perchè tali lievi perdite in detti circuiti sono facilmente sopportabili.

Fig. 9 A — Nei condensatori elettrolitici a secco, l'elettrolita è trattenuto da una garza posta tra i due elettrodi: il dielettrico è sempre la sottile pellicola di ossido formata sull'elettrodo positivo.

TERMINALE NEGATIVO COMUNE
ELETTRODO POSITIVO
SEPARATORE ED ELETTROLITA

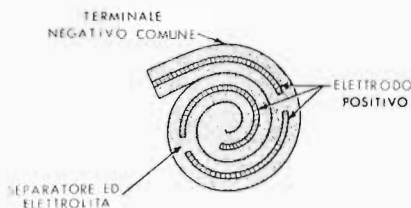



Fig. 9 B — Spesso si hanno varie sezioni con negativo ed elettrolita in comune: gli elettrodi positivi fanno capo a distinti morsetti o linguette di collegamento.

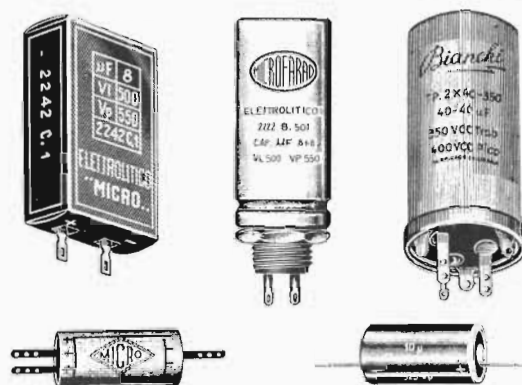



Fig. 10 — Alcune tra le forme più correnti di elettrolitici.

Nei circuiti di filtraggio degli alimentatori di piccola potenza, quando cioè i condensatori hanno il compito di livellare la corrente pulsante restituendo negli intervalli di pausa la corrente di carica, i tipi più comuni sono quelli da 8 µF o da 16 µF, isolati fino a 500 volt. Altri valori tipici sono 16 e 32 µF, a 350 volt; 20; 20+20; 50+50 µF a 200 volt: questo ultimo tipo, a due capacità, è quello convenzionale usato nei cosidetti ricevitori per c.c. e c.a., e funziona con una tensione di lavoro pari a quella della rete.

Sono comuni anche altri tipi a tensione molto bassa, come ad esempio quelli da 10, da 25, da 50, da 100 e da 200 µF a 30 volt, e quelli da 500, 1.000 e da 2.000 µF a 10 o 12 volt.

Ogni tipo di condensatore, sia a cartuccia (in involucro di cartone paraffinato), o a pacchetto, o anche in involucro metallico con fissaggio a vite e dado, porta un contrassegno del valore di capacità, del valore della tensione di lavoro, nonchè della polarità, contrassegni che possono essere espressi (a seconda dei criteri del fabbricante) sia in cifre che a colori, per cui un condensatore elettrolitico multiplo di costruzione americana può portare, ad esempio, i seguenti contrassegni:

20 µF = 450 v. c.c. ..... (rosso)
20 µF = 450 V. c.c. ..... (giallo)
20 µF = 300 V. c.c. ..... (bleu)
50 µF = 25 V. c.c. ..... (marrone)
Negativo comune .... (nero)

I vecchi tipi tubolari, sia a secco che a liquido, avevano generalmente il negativo comune che era costituito dall'involucro metallico, da fissarsi direttamente al telaio, ma poichè non tutti gli apparecchi usano detto telaio nè come punto di massa (o terra), nè come lato negativo di tutti i circuiti, tale sistema si dimostrò poco pratico agli effetti della intercambiabilità e del montaggio. Per questo motivo la maggior parte degli elettrolitici ha ora un collegamento separato per il negativo, in modo che l'involucro, indipendente dagli elettrodi, può essere fissato al telaio indipendentemente dal tipo di circuito.

A volte, i terminali sono flessibili, ed allora le diciture sono analoghe a quelle descritte, mentre a volte i terminali sono costituiti da fili rigidi, nel quale caso i contrassegni di polarità sono stampati in prossimità dei terminali stessi. In questi casi, nella produzione americana, si usano i seguenti simboli:

8 µF = 450 V. = Δ
8 µF = 450 V. = Ω
25 µF = 25 V. = □
Negativo comune = Nessun simbolo

CONDENSATORI al TANTALIO

Si tratta di condensatori analoghi a quelli ora descritti (**figura 11**) ma che impiegano come dielettrico una sottilissima pellicola di ossido di tantalio, il quale ha un potere isolante molto maggiore con minore spessore, ed altri vantaggi che elencheremo in seguito.

L'uso del tantalio ha permesso la realizzazione di condensatori a bassa tensione, di grande capacità nonostante le dimensioni ridottissime, per cui, oltre a servire per la produzione dei normali tipi per piccoli ricevitori portatili con alimentazione a batterie, è stato utilissimo per produrre i cosiddetti micro-condensatori che, con una tensione massima di 12 volt, hanno potuto essere ridotti alle dimensioni di 4 mm di diametro per 12 di lunghezza, con capacità dell'ordine dei 5 µF, oppure di 10 mm di diametro per 18 di lunghezza, con capacità di 50 µF.

I condensatori al tantalio presentano i seguenti vantaggi:

a) sono molto più piccoli di quelli di capacità e tensione corrispondenti con anodo in alluminio;

b) hanno una durata maggiore;

c) possono funzionare in temperature-ambiente comprese tra —80° e +85° C.;

d) hanno una bassissima corrente di dispersione.

Normalmente vengono incapsulati in un involucro metallico, a sua volta ricoperto con materiale plastico trasparente attraverso il quale è possibile leggere le diciture stampigliate sull'involucro stesso; l'involucro non reagisce chimicamente con l'elettrolita evitando così la formazione di ossido sulla sua superficie interna, bensì agisce da catalizzatore per la trasformazione dell'idrogeno che si produce durante il funzionamento.

Essi possono inoltre subire urti anche violenti, senza riportare danni, e, date le ridotte dimensioni, non hanno bisogno di squadrette di fissaggio o di supporti di qual-

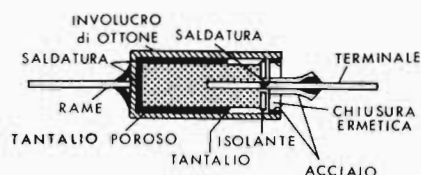



Fig. 11 — Struttura di un condensatore che impiega come dielettrico l'ossido di tantalio. Questi condensatori sono caratterizzati dalle più piccole dimensioni sinora raggiungibili per una data capacità. Nelle dimensioni del disegno si possono avere tipi con capacità di circa 50 µF (12 volt).

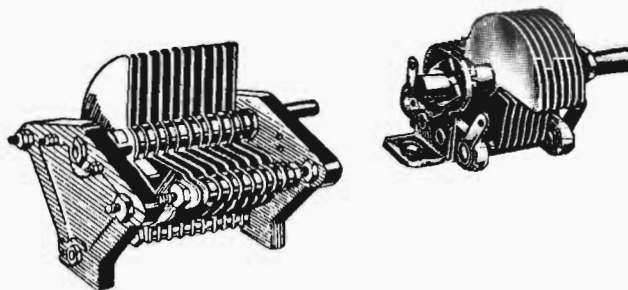
Fig. 12 — Condensatori variabili costruiti per impieghi in trasmettitori. Tra le caratteristiche di questi tipi si annotano una notevole spaziatura tra le lamine ed isolamento ceramico tra le due armature.

siasi genere: nel montaggio in un circuito, il loro peso viene sostenuto direttamente dai terminali rigidi che escono dalle estremità, come avviene per le resistenze.

Nonostante i vantaggi elencati, i condensatori al tantalio hanno trovata ampia diffusione solo in determinate categorie di apparecchi — quelle cioè in cui il fattore dimensionale è della massima importanza — e ciò a caùsa del loro costo molto elevato nei confronti dei comuni elettrolitici realizzati con elettrodi di alluminio.

CONDENSATORI a CARTA METALLIZZATA

La carta necessaria come dielettrico nei condensatori a carta in genere, per quanto venga realizzata con estrema cura, non potrà mai non presentare punti dielettricamente deboli. Infatti, non si può praticamente evitare che particelle conduttrici, o pulviscolo o altro, vengano a costituire una via di facile passaggio per la corrente, vale a dire prima o poi un cortocircuito tra le armature. Per ovviare a questo grave inconveniente si è costretti ad impiegare un doppio strato di carta: in tal caso è alquanto difficile che si verifichi la coincidenza cioè la sovrapposizione di due punti deboli. Il doppio strato di carta porta però, logicamente, ad un maggiore costo nonchè ad un maggiore ingombro.

Una nuova tecnica, sviluppata in questi ultimi anni, ha consentito la costruzione di condensatori a strato unico di carta. Tale tecnica è quella che si vale del processo di metallizzazione per creare, direttamente sulla carta stessa, l'armatura. Anzitutto la carta subisce una laccatura: su di essa, per evaporazione e condensazione sotto alto vuoto si deposita uno strato sottilissimo (un decimo di micron) di alluminio puro. Questo sistema costruttivo porta tra l'altro ad una particolare, preziosa prerogativa del condensatore: l'autocicatrizzazione. Si tratta, in altre parole, del fatto che, se incidentalmente in un punto debole del dielettrico avviene la temuta scarica tra le armature, queste sono talmente sottili da evaporare istantaneamente (in pochi microsecondi) attorno al punto stesso senza che nella carta risultino lesioni. Il condensatore in virtù di ciò, può perfettamente continuare a svolgere la sua normale funzione anche dopo una scarica interna, non solo, ma la formazione di allumina che si verifica durante la scarica, aumenta le proprietà isolanti in quel punto.

A questo proposito anzi, diremo che l'autocicatrizzazione viene anche preventivamente sfruttata in sede di fabbricazione del condensatore per evitare che nello stesso, in seguito, alle condizioni nominali di funzionamento, avvengano scintillamenti.

Per ottenere inoltre una più spinta riduzione delle dimensioni si è conferito alle armature — in alcuni tipi — un profilo a « greca », dimensionata in modo progressivo in funzione del diametro: l'avvolgimento è costituito da un unico nastro dielettrico.

È appena il caso di rilevare che gli effetti delle scariche di autocicatrizzazione sul valore capacitivo sono talmente ridotti da non poter essere addirittura apprezzati con i normali apparecchi di misura.

Questi condensatori sono racchiusi in involucri di diverso tipo a seconda delle condizioni ambientali cui sono destinati: l'involucro è solitamente di materiale plastico o di alluminio. Le temperature di esercizio possono raggiungere gli estremi di —400° C e +100° C.

CONDENSATORI VARIABILI

Il tipo di condensatore ad armature parallele si presta alle variazioni meccaniche, vale a dire alla regolazione della capacità. Poichè quest'ultima dipende sia dalla superficie che dalla distanza tra le armature stesse, si può variare una di tali caratteristiche. Nei condensatori variabili generalmente si fa variare l'area efficace, ossia quella parte delle armature che si trova effettivamente affacciata di fronte a quella dell'elettrodo opposto; alla regolazione della distanza si ricorre invece in altri tipi di capacità variabile, ad esempio compensatori e neutralizzatori nei quali la variazione è ridotta.

Un condensatore variabile tipico sappiamo che consiste di due serie di armature, una delle quali si sposta rispetto all'altra allo scopo di variare la capacità; la serie fissa costituisce lo **statore**, quella mobile viene denominata **rotore**.

In genere, le lamine del rotore sono in numero inferiore di uno rispetto a quelle dello statore, e vengono montate su un albero che deve essere ruotato.

Entrambi i complessi di lamine sono rigidi, e generalmente vengono realizzati in alluminio onde evitare una facile ossidazione. L'albero del rotore fa parte del supporto metallico che può essere fissato al telaio o chassis di una

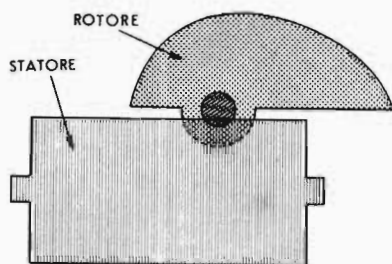



Fig. 13 — Per ottenere un determinato andamento nella variazione di capacità conseguente alla rotazione delle armature variabili, si pongono queste ultime in posizione decentrata rispetto all'albero.

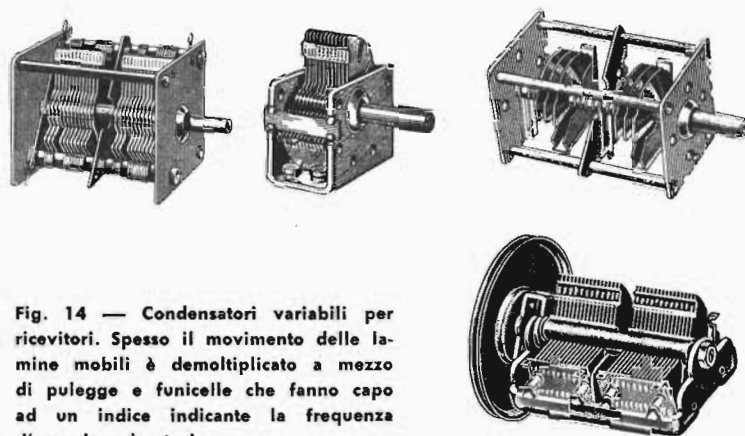



Fig. 14 — Condensatori variabili per ricevitori. Spesso il movimento delle lamine mobili è demoltiplicato a mezzo di pulegge e funicelle che fanno capo ad un indice indicante la frequenza d'accordo o la stazione.

qualsiasi apparecchiatura radio, mentre lo statore viene fissato a detto supporto mediante barrette di materiale isolante (ceramica, steatite, ecc.).

Allo scopo di assicurare una variazione dolce e regolare, l'albero del rotore viene supportato mediante cuscinetti a sfere o bronzine, e vi sono speciali molle di contatto continuo e stabile con la parte mobile.

Dal momento che lo spessore delle lamine non influisce sulla capacità, esse vengono costruite della massima sottigliezza, compatibilmente si intende come le condizioni di rigidità e di robustezza necessaria. Il dielettrico è normalmente costituito dall'aria, e vengono presi speciali provvedimenti di carattere meccanico onde evitare che il rotore possa venire in diretto contatto con lo statore durante la sua rotazione.

La distanza tra gli elettrodi varia a seconda dell'impiego cui il condensatore è destinato. Mentre quelli usati nei ricevitori — nei quali la tensione applicata è minima — hanno la minima distanza meccanicamente consentita, quelli usati nei trasmettitori, nei quali spesso sono in gioco tensioni elevate, hanno le lamine ad una distanza atta ad evitare l'innesco di scintille, ossia la rottura dell'isolamento aria per effetto del cosiddetto arco voltaico.

Il tipo di maggiori dimensioni, illustrato nella **figura 12**, è appunto un condensatore variabile ad alta tensione per trasmettitori. È importante ed intuitivo il fatto che, se si aumenta la distanza fra gli elettrodi onde evitare scariche di tensione, è necessario dare loro dimensioni molto maggiori di quelle di altri condensatori della medesima capacità adatti a basse tensioni; generalmente, si aumenta a tale scopo, sia la superficie degli elettrodi che il loro numero.

Le armature rotanti di un variabile sono spesso decentrate rispetto al rotore (**figura 13**), allo scopo di dare una variazione di capacità non lineare rispetto all'angolo di rotazione. Ed essendo quest'ultima normalmente di 180°, esse si interpongono con poca superficie affacciata all'inizio (frequenze alte) — partendo dal punto in cui le lamine mobili sono completamente all'esterno (come in figura 13); in seguito alla rotazione, l'aumento di capacità risulta tanto più rapido quanto più le lamine mobili penetrano nello statore (frequenze più basse).

Tale sistema di variazione della capacità è necessario per il seguente motivo: quando un condensatore variabile viene utilizzato in un ricevitore per la sintonia sulle varie stazioni emittenti, esso viene spesso meccanicamente demoltiplicato, in modo che l'intera rotazione di 180° da parte del rotore corrisponda alla intera esplorazione di una scala « parlante » a mezzo di un indice mobile che la percorre da un estremo all'altro. La scala copre un'intera gamma di frequenze, ad esempio le onde medie (da 200 a 600 metri).

Uno spostamento di pochi millimetri dell'indice nell'estremo più basso (200 m) — che corrisponde ad una rotazione di pochi gradi del rotore in posizione quasi completamente estratto dallo statore — deve corrispondere ad una variazione di capacità di pochi picofarad.

Nell'estremo opposto invece (verso i 600 m) uno spostamento dell'indice di pochi millimetri, corrispondente sempre ad una rotazione di pochi gradi, deve causare una variazione di capacità molto maggiore.

Sagomando in modo opportuno le armature del condensatore e decentrando l'albero come si è detto e come appare dall'illustrazione, è possibile ottenere una scala a distribuzione pressochè uniforme delle frequenze. Il principio costruttivo verrà ulteriormente illustrato nella lezione relativa ai circuiti di sintonia.

Alcuni condensatori variabili sono a più sezioni: pur avendo un unico rotore formato da due serie di lamine in contatto tra loro, presentano lo statore suddiviso in due sezioni isolate tra loro. Le sezioni dello statore essendo bilanciate — dando cioè la medesima variazione di capacità per ogni angolo di rotazione da parte del rotore — possono costituire un solo variabile se collegate in parallelo, oppure possono essere collegate separatamente. In altri casi, si possono trovare tipi di condensatori variabili detti « coassiali » o più spesso « in tandem », aventi capacità diverse nelle varie sezioni per scopi che vedremo in seguito; la **figura 14** illustra diversi esemplari di condensatori multipli.

I condensatori variabili per frequenze relativamente basse comprese nelle gamme di trasmissione hanno generalmente capacità massime tra 250 e 500 pF (0,00025 e 0,0005 μF).

Per le gamme di frequenze più elevate si usano « variabili » le cui capacità sono comprese tra 25 e 150 pF (0,000025 e 0,00015 μF); infine, per scopi particolari nel campo degli apparecchi funzionanti a frequenze elevatissime, si possono trovare anche dei condensatori variabili,

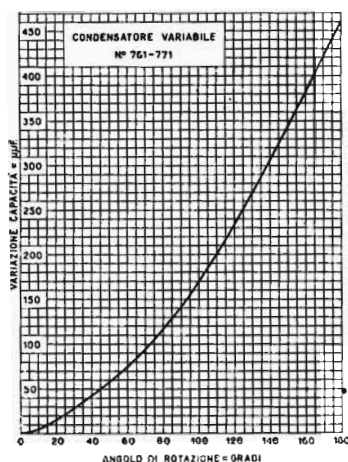



Fig. 15 — La curva indica l'andamento della variazione di capacità al variare dei gradi di rotazione dell'albero di un condensatore variabile, ad aria, « Geloso », costruito a due ed a tre sezioni.

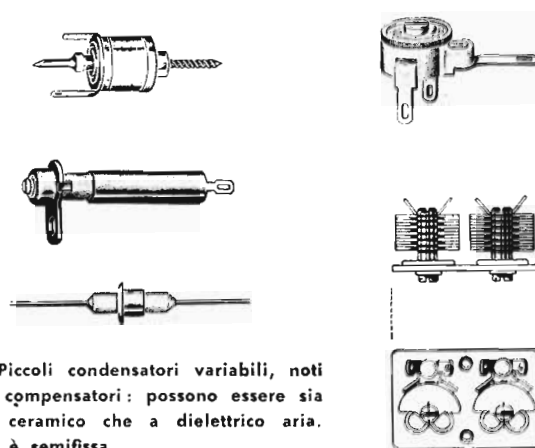



Fig. 16 — Piccoli condensatori variabili, noti col nome di compensatori: possono essere sia a dielettrico ceramico che a dielettrico aria. La variazione è semifissa.

detti microvariabili, la cui capacità massima è dell'ordine di 5 pF (0,000005 µF).

In un condensatore variabile è importante conoscere i seguenti dati: la **capacità massima**, che si ha — come abbiamo visto — quando tutte le lamine del rotore sono del tutto all'interno degli spazi presenti tra le lamine dello statore, quando il variabile è chiuso; **la capacità minima** o residua — che è sempre, inevitabilmente, maggiore di zero — che si ha invece quando le lamine del rotore sono completamente al di fuori di quelle dello statore, ossia quando il variabile è completamente aperto, ed infine **la curva di variazione** di capacità, la quale viene generalmente espressa con un grafico o diagramma avente su di un asse i gradi di rotazione del rotore compresi tra 0° e 180°, e sull'altro i valori di capacità corrispondenti. La **figura 15** rappresenta un esempio di tale diagramma.

I *compensatori*, o condensatori di taratura, sono un altro tipo di condensatori variabili, che traggono il nome dalla loro stessa funzione, in quanto servono per compensare le piccole differenze che si riscontrano inevitabilmente nella messa a punto di un apparecchio comprendente circuiti accordati. Essi sono realizzati però in modo tale che è possibile portarli al valore di capacità desiderato, e lasciarli poi, come condensatori fissi, in tale posizione. A volte sono del tipo a dielettrico mica, e consistono allora in una lamina metallica mobile e in una fissa: la prima, separata dalla seconda da uno strato di mica, può essere più o meno avvicinata a quest'ultima mediante una vite di regolazione e pressione.

I compensatori vengono impiegati per diversi scopi, e si dividono in due categorie principali: « trimmer » e « padder ». È opportuno notare che, dal punto di vista elettrico, non sussiste tra i due alcuna differenza: il primo tipo infatti non è che un compensatore di piccola capacità, che viene generalmente collegato in parallelo ad un condensatore variabile più grande, al fine di aggiungere una piccola capacità variabile che serve per la compensazione, ossia per la correzione delle eventuali differenze; il « padder » è sempre un compensatore, ma di capacità più elevata, che viene generalmente collegato in serie ad un condensatore variabile onde diminuirne la capacità.

I « trimmer » possono avere valori di capacità compresi tra 0,5 e 10 pF, oppure tra 10 e 50 pF; i valori tipici dei « padder » sono invece compresi tra 50 e 100 pF (minimo) o tra 500 e 1.000 pF (massimo).

Nella produzione moderna è facile trovare anche compensatori ad aria, realizzati come minuscoli condensatori variabili montati su un supporto di ceramica, e provvisti di un taglio praticato su una estremità dell'albero del rotore onde permettere la regolazione mediante un cacciavite. Altri tipi ancora sono interamente in ceramica, e sono costituiti da due dischetti di detto materiale, la cui superficie è parzialmente metallizzata da un lato, fissati tra loro con una vite o un rivetto, in modo tale che uno dei due possa ruotare intorno al proprio centro, mediante un cacciavite.

Altri tipi ancora sono costituiti da un tubetto di ceramica provvisto di un'anima metallica (costituente uno degli elettrodi) e di un manicotto esterno costituente il secondo elettrodo. Lo spostamento di quest'ultimo lungo l'asse determina la variazione di capacità.

Nella **figura 16** sono illustrati alcuni esemplari di compensatori.

A conclusione dell'argomento condensatori riassumeremo, con breve cenno, quelle che sono le perdite caratteristiche di quest'organo: conoscendole si potrà meglio valutare, al momento opportuno, se ad esse o ad una di esse deve imputarsi un risultato non soddisfacente del circuito o dell'apparecchiatura.

Si distinguono perdite resistive, di fuga, di assorbimento dielettrico e di isteresi dielettrica. In merito alle prime diremo che, a rigore, devono intendersi quelle dovute alla resistenza dei conduttori interni nonchè delle armature stesse: la perdita equivale al quadrato della corrente per il valore ohmico. Si tratta di una parte minima delle perdite totali del condensatore.

Circa le seconde abbiamo già messo in evidenza il fenomeno parlando dei condensatori elettrolitici. L'assorbimento dielettrico è causa di perdite in quanto il dielettrico assorbe cariche che non restituisce. L'isteresi è infine simile a quella del nucleo di una induttanza: si richiede energia (perdita) per invertire il campo delle armature.

Ricorderemo, in ultimo, che un'importante caratteristica distintiva dei condensatori è la tensione massima di funzionamento, che deve sempre essere espressa dal costruttore, unitamente alla tensione istantanea di punta nonchè alla sovratensione che il condensatore può sopportare.

SIMBOLI - ABBREVIAZIONI

A = Superficie (area) di un elettrodo

C = Capacità (in pF, µF o F)

C_T = Capacità totale

d = Distanza (tra due elettrodi)

F = Farad

I_c = Intensità di corrente alternata attraverso una capacità

K = Costante dielettrica

pF = picofarad (milionesimi di µF)

RC = Circuito con resistenza e capacità

X_c = Reattanza capacitiva

µF = microfarad (milionesimi di F)

FORMULE

$$C = 0{,}0885 \frac{KA}{d}$$

Tra condensatori in parallelo:

$$C_T = C1 + C2 + C3 + \ldots$$

Tra due condensatori in serie:

$$C_T = \frac{C1 \times C2}{C1 + C2}$$

Tra condensatori in serie:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3} + \ldots$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi FC}$$

$$X_c = \frac{1}{\omega C}$$

In un circuito RC in serie:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$$

In un circuito RC in parallelo:

$$Z = \frac{E}{\sqrt{I_R^2 + I_c^2}}$$

SEGNI SCHEMATICI

 = Generatore di corrente alternata

= Condensatore elettrolitico

 = Condensatore elettrolitico

 = Condensatore elettrolitico

DOMANDE sulle LEZIONI 31ª e 32ª

N. 1 — Sotto quale forma l'energia viene immagazzinata in un condensatore?

N. 2 — In quale modo viene definita la costante dielettrica?

N. 3 — Come viene chiamato il passaggio di una corrente attraverso il dielettrico di un condensatore, causato dal cambiamento di forma delle orbite degli elettroni?

N. 4 — Quali sono i tre fattori che determinano la capacità di un condensatore?

N. 5 — Cosa succede se gli elettrodi di un condensatore vengono avvicinati gli uni agli altri?

N. 6 — Se si collegano in parallelo due condensatori, la capacità totale aumenta o diminuisce?

N. 7 — In un circuito a corrente continua, quale resistenza o impedenza è offerta da un condensatore nell'istante in cui la tensione viene applicata?

N. 8 — Se in un circuito capacitivo la frequenza della tensione alternata aumenta, restando costante l'ampiezza, come si comporta la corrente?

N. 9 — Ai capi di una sorgente di c.c. di 20 volt si trova una capacità di 8 µF in serie ad una resistenza da 5 Mohm. Appena il circuito viene chiuso, quale tensione si sviluppa ai capi della capacità dopo un tempo pari a 2RC, e quanti secondi impiega a svilupparsi?

N. 10 — Cosa significano le sillabe « ELI » e « ICE »?

N. 11 — In un circuito percorso da c.a. a 1.000 Hz, quale è la reattanza capacitiva di un condensatore da 2 µF?

N. 12 — A quanto ammonta la capacità di un condensatore, se la tensione ai suoi capi aumenta da 0 a 50 volt con una carica pari a 1 coulomb?

N. 13 — A quanti µF corrisponde una capacità di 0,00002 F?

N. 14 — A quanti pF corrisponde una capacità di 0,02 µF?

N. 15 — Per quale motivo un condensatore di elevata capacità può presentare caratteristiche induttive?

N. 16 — Quale è la capacità in pF di un condensatore a lamine parallele i cui elettrodi hanno una superficie pari a 46,87 cm², e nel quale il dielettrico è di mica (cost. diel. = 6) e la distanza tra gli elettrodi è di 0,25 mm?

N. 17 — Quale è la capacità totale di due condensatori in serie aventi le rispettive capacità di 100 e 200 pF?

N. 18 — In quale misura la tensione di lavoro di un condensatore deve essere maggiore di quella applicata?

N. 19 — Da quali fattori dipende la tensione di lavoro di un condensatore?

N. 20 — Quale è la caratteristica di un condensatore elettrolitico che consente di raggiungere forti capacità?

N. 21 — A cosa serve un compensatore?

N. 22 — Per quale motivo i condensatori variabili hanno quasi sempre l'asse di rotazione decentrato?

RISPOSTE alle DOMANDE di Pag. 233

N. 1 —

Soltanto quando la corrente che la percorre varia di intensità. Una corrente costante dà solo un impulso iniziale quando il circuito viene chiuso, ed uno con polarità invertita quando viene aperto.

N. 2 —

La f.e.m. indotta si oppone sempre alle variazioni di corrente che essa stessa produce, e ne limita l'intensità.

N. 3 —

Dall'induttanza della bobina e dal rapporto di variazione della corrente.

N. 4 —

L'induttanza varia proporzionalmente al quadrato del numero delle spire.

N. 5 —

L'induttanza mutua ammonta a 62,58 henry. Infatti, applicando la formula $M = k\sqrt{L_1 L_2}$ si ha:

$$M = 0,7\sqrt{40 \times 200} = 62,58 \text{ circa}$$

N. 6 —

La corrente ritarda rispetto alla tensione, e la tensione ritarda rispetto alla corrente, di 90°.

N. 7 —

La reattanza induttiva ammonta a 3,768 ohm.

N. 8 —

L'impedenza ammonta a 69,5 ohm circa. Infatti, applicando la formula $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ si ha:

$$Z = \sqrt{35^2 + 60^2} = 69,5 \text{ circa}$$

N. 9 —

Perchè l'energia immagazzinata viene restituita allorchè la corrente viene meno, ossia, trattandosi di corrente alternata, negli istanti in cui la tensione è zero.

N. 10 —

IX_L ammonta a 294,9 volt.

N. 11 —

Rispettivamente a 50 mH ed a 50.000 μH.

N. 12 —

La resistenza ohmica pura. Ad una corrente variabile si oppone, oltre alla resistenza, anche la reattanza induttiva.

N. 13 —

Ad un totale di 7,1 millihenry (mH).

N. 14 —

Il coefficiente K è pari a 0,3.

N. 15 —

Ind. Mutua (M) = $K\sqrt{L_1 L_2}$.

N. 16 —

L'induttanza totale ammonta a 30 henry (H).

N. 17 —

L'induttanza totale ammonta — in questo caso — a 5 henry (H).

TABELLA 43 — CARATTERISTICHE ELETTRICHE dei PRINCIPALI MATERIALI ISOLANTI

MATERIALE	Costante dielettrica	Rigidità elettrica kV/cm	Angolo di perdita δ
Acetato di cellulosa	6,0	—	—
Aria liquida	1,5	40÷90	—
Aria secca	1,0	24	—
Ardesia	6,6÷7,4	3,5÷5,5	—
Ambra	2,9	—	—
Bachelite	5,6	100÷120	$3 \div 8 \times 10^{-3}$
Calan	6,5	350÷450	3,6÷4,7
Calit	6,4	350÷450	13÷15
Calit speciale	6,5	350÷450	5÷6
Carta	2,0	180÷220	$4 \div 7 \times 10^{-3}$
Carta bachelizzata	5,0	100÷200	—
Carta impregnata	2,8÷6,5	400÷2400	$2 \div 4 \times 10^{-3}$
Carta Manilla secca	1,2÷1,9	22÷25	—
Carta paraffinata	2,5÷4,0	400÷500	—
Caseina	6,2	160÷280	—
Celluloide	2÷4	420	4×10^{-3}
Cera comune	1,9	110	—
Cloracet. di polivin.	3,2	—	—
Cloruro di polivin.	3,2	—	—
Colofonia	2,5÷2,8	110	—
Codensa	80	—	6×10^{-4}
Ebanite	2÷3,5	300÷1100	7×10^{-3}
Fibra	1,4÷2,0	20÷22	$5,4 \times 10^{-2}$
Frequenta (steatite)	5,5÷6,5	250÷450	$2 \div 5 \times 10^{-4}$
Frequenta D	5,6	—	2÷3
Frequentite	5,9	480	6÷10
Galalite	—	23÷28	—
Gomma dura	2,0	—	—
Gomma elastica	2,1÷2,3	150÷500	—
Gomma vulcanizzata	2,7÷2,9	200÷300	7×10^{-3}
Gommalacca	2,6÷3,7	—	—
Isolantite	6,0	—	—
Kerafar (R-S)	70÷88	100	$5 \div 15 \times 10^{-4}$
Kerafar (T-U)	45÷55	150÷200	$5 \div 10 \times 10^{-4}$
Legno di balsa	1,4	—	—
Legno paraffinato	2,5÷7,7	8÷30	—
Legno secco	5,0	—	—
Linoleum	—	100÷200	—
Marmo	6÷8,3	10÷14	—
Mica chiara (indiana)	4÷8	600÷2000	18×10^{-4}
Mica comune	2,5	—	—
Micanite	4,5÷5,0	300÷400	—
Mogano	2,4	—	—
Nylon	3,4÷22,4	200÷350	—
Olio di lino cotto	3÷3,5	80÷190	3×10^{-4}
Olio di oliva	3,1÷3,2	75÷170	—
Olio di paraffina	3,0÷3,16	160÷215	2×10^{-4}
Olio di trementina	2,1÷2,3	110÷160	—
Olio per trasform.	2÷2,5	115÷170	$1,5 \times 10^{-4}$
Paraffina	2÷2,5	140÷450	9×10^{-3}
Pertinax	5,6	—	—
Petrolio	2÷2,3	—	—
Polietilene	2,25	200÷300	—
Polistirolo	2,4÷2,9	500÷2500	—
Politene	2,4	1000	—
Porcellana	4,4÷6,8	100÷120	$1,2 \times 10^{-3}$
Presspahn	4,3÷6,3	70÷130	3×10^{-2}
Quarzo fuso	4,6	1800	1×10^{-4}
Steatite (v. frequenta)	—	—	—
Tela sterlingata	1,8÷3,2	250÷500	—
Tempa N	12,5	—	$1,3 \times 10^{-3}$
Tempa S	14	—	1×10^{-4}
Ultra Calan	7	—	$1 \div 1,8 \times 10^{-4}$
Urea	6,6	—	—
Vaselina	2,17	90÷130	—
Vetro fotografico	7,5	350÷2000	—
Vetro comune	6,2	300÷1500	$0,3 \div 8 \times 10^{-4}$
Vetro Pyrex	4,9	1050	4×10^{-3}
Zolfo	2,4÷4,2	33	6×10^{-3}

La Tabella 43, riportata alla pagina di fronte, elenca i principali materiali isolanti, e specifica le relative caratteristiche elettriche. Della *costante dielettrica* abbiamo già detto nel testo, e sappiamo che il suo valore è riferito a quello dell'aria secca considerato come unità.

Per *rigidità elettrica,* espressa in chilovolt per centimetro, si intende il valore massimo della tensione che, applicata ad un frammento del materiale considerato, avente lo spessore di un centimetro, viene sopportata senza inconvenienti. Se però detta tensione viene ulteriormente aumentata, si ha una scarica elettrica attraverso il materiale stesso, il quale si fora cedendo alla differenza di potenziale. Come si nota osservando la tabella, non è possibile dare per questa caratteristica un valore definito, a causa delle diverse qualità di uno stesso materiale. È stato però possibile, mediante prove adeguate, stabilire i valori massimi e minimi entro i quali la tolleranza è soddisfacente.

L'angolo di perdita — rappresentato dal simbolo « δ » (lettera greca « delta »), è la definizione qualitativa di un condensatore riferita ad un determinato dielettrico. Esso è dato dal rapporto tra la reattanza capacitiva in ohm del condensatore (ad una data frequenza), e un determinato valore di resistenza. Tale valore è quello della dispersione del dielettrico: se lo figuriamo in serie ad un condensatore perfetto, avremo ai suoi capi una caduta di tensione corrispondente a quella dovuta alle perdite effettive, intrinseche del condensatore in esame.

Il valore riportato nella tabella è indicativo, ed è riferito alla radiofrequenza.

CODICE a COLORI per CONDENSATORI

Come per le resistenze (vedi Fascicolo 2), anche per i condensatori è stato stabilito, in U.S.A., un mezzo per contrassegnare ed individuare rapidamente il tipo, il valore della capacità in picofarad e la tolleranza, ed in più la massima tensione di funzionamento.

A tale scopo esistono due codici, per altro molto simili tra loro: il codice « JAN », (*Joint Army-Navy*), adottato per i condensatori con cui vengono realizzate le apparecchiature elettroniche militari americane, ed il codice « RTMA » (*Radio & Television Manifacturer Association*) adottato per contrassegnare i condensatori destinati all'impiego nelle apparecchiature elettroniche civili.

Riteniamo utile esporre anche il primo, in quanto — nell'attività dilettantistica — si ha spesso occasione di utilizzare o di modificare materiale proveniente dal mercato « surplus », ossia dei residuati bellici.

Il Codice « JAN »

La **figura 1** illustra la disposizione dei punti colorati sui condensatori a mica. Innanzitutto, per una corretta interpretazione, il condensatore deve essere tenuto in modo che i punti provvisti di un segno a « V » orizzontale siano sulla fila superiore, e che le punte siano rivolte verso destra.

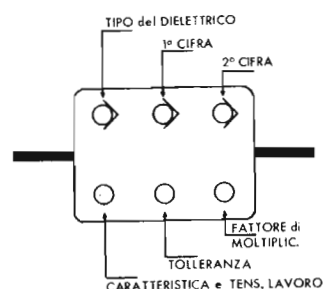



Figura 1

In questo caso il primo colore in alto a sinistra indica la natura del dielettrico, e precisamente *mica* se è nero, e *carta* se è argento. Per i condensatori ceramici tale contrassegno è superfluo in quanto la forma (generalmente cilindrica a « tubetto » o a « pastiglia ») ne denuncia chiaramente la natura. Gli altri punti, considerati da sinistra a destra nella fila superiore, e quindi da destra a sinistra in quella inferiore, forniscono le altre informazioni come indicato nella figura 1.

La **figura 2** illustra invece la distribuzione delle strisce colorate sui condensatori ceramici: l'ordine progressivo va da sinistra a destra allorchè l'osservatore guarda il condensatore in modo che la striscia più larga sia alla sua sinistra.

In ogni caso i colori individuano la prima e la seconda cifra significativa, il relativo coefficiente di moltiplicazione, la tolleranza sul valore dichiarato, e la massima tensione di funzionamento, secondo la tabella 44 per i condensatori a mica, e la tabella 45 per i condensatori ceramici.

Nel codice « JAN » esiste un secondo sistema, nel quale le caratteristiche generiche vengono contrassegnate con simboli alfabetici e numeri, mentre il valore è espresso nel codice a colori: in questo caso la prima sigla può essere:

CN = Condensatore con dielettrico a carta
CM = Condensatore con dielettrico a mica
CC = Condensatore ceramico

Le caratteristiche del condensatore — in tal caso — sono spesso rappresentate da due numeri (posti immediatamente dopo le sigle che individuano la natura del dielettrico), che si riferiscono alle dimensioni meccaniche, seguite — nei condensatori a mica — da una lettera che rappresenta il coefficiente di temperatura, e — nei condensatori ceramici — da due lettere che rappresentano il coefficiente di temperatura e la relativa tolleranza.

Sui condensatori a mica la tolleranza sul valore dichiarato può essere espressa come segue:

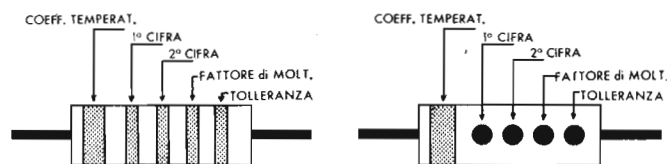



Figura 2

G = ± 2% K = ± 10%
J = ± 5% M = ± 20%

Sui condensatori ceramici invece, detta tolleranza è espressa mediante una lettera, come specificato nella tabella 46. In tal caso, se la capacità dichiarata è eguale o superiore a 10 pF, essa va considerata in percentuale sul valore stesso; se inferiore, va invece intesa in pF in più o in meno.

Ad esempio, un condensatore da 15 pF recante la lettera G avrà una capacità di 15 pF ± 0,30 pF (pari a ±2%). Per contro un condensatore da 8 pF contrassegnato dalla medesima lettera avrà una capacità di 8 pF ± 2 (ossia compresa tra 6 e 10 pF).

Come si è detto, l'interpretazione dei colori per i con-

densatori a mica ed a carta avviene secondo la tabella 44, nella quale le lettere riportate nella colonna « Caratteristiche » hanno il seguente significato:

A = Condensatore a mica comune

B = Come A, ma con involucro esterno a basse perdite

C = Condensatore a mica metallizzata (± 100 pF per milione di pF per C°)

D = Condensatore a mica metallizzata (± da 0 a 100 pF per milione di pF per C°)

E = Condensatore a mica metallizzata (± da 0 a 50 pF per milione di pF per C°)

F = Condensatore a mica metallizzata (da 0 a —50 pF per milione di pF per C°)

Il codice « RTMA »

La **figura 3** illustra la disposizione e l'ordine di lettura dei contrassegni colorati, nonchè il loro significato, per i condensatori a mica, e la **figura 4** si riferisce invece ai condensatori ceramici.

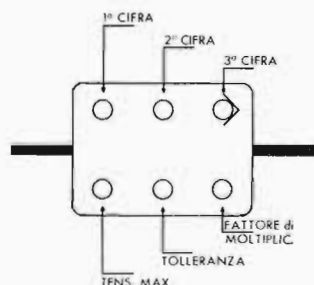
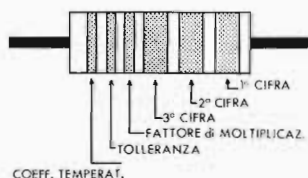



Figura 3 **Figura 4**

Come si nota, nei confronti del codice « JAN », esiste qualche differenza nella disposizione e nell'ordine di lettura, tuttavia, agli effetti dell'interpretazione, i colori hanno il medesimo significato. Come il lettore avrà osservato, sarà facile rammentare i valori numerici corrispondenti ai vari colori, in quanto sono ancora i medesimi adottati per le resistenze.

Nel codice « RTMA » può capitare a volte che sull'involucro di un condensato a mica sia presente un numero di punti colorati inferiore a 6. Le figure 5, 6 e 7 chiariscono i vari casi.

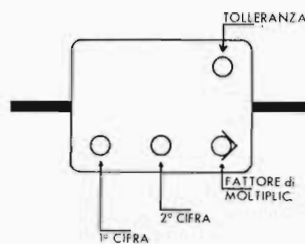
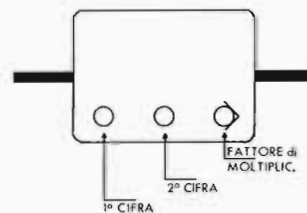



Figura 5 **Figura 6**

Quando invece i punti colorati sono tutti presenti, l'ultimo a sinistra della fila inferiore rappresenta spesso la massima tensione di funzionamento, come segue:

Nero . . . . =	500 volt	Blu . . . . . =	600 volt
Marrone . . =	100 volt	Viola . . . . =	700 volt
Rosso . . . . =	200 volt	Grigio . . . =	800 volt
Arancio . . =	300 volt	Bianco . . . =	900 volt
Giallo . . . =	400 volt	Oro . . . . . =	1.000 volt
Verde . . . =	500 volt	Argento . . =	2.000 volt

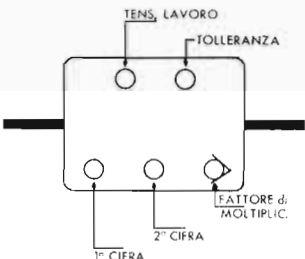
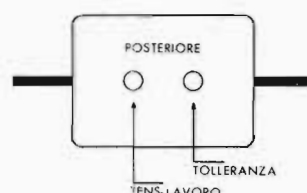
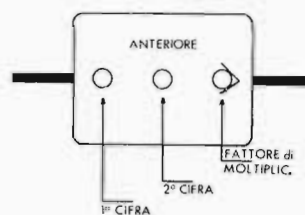



Figura 7

È opportuno aggiungere, per ultimo, che secondo questo codice la natura del dielettrico è a volte contraddistinta dal colore dell'involucro esterno, e precisamente *nero* per i tipi con dielettrico a carta, *marrone* per i tipi con dielettrico a mica, e *rosso* per i tipi a mica metallizzata.

TABELLA 44 — CODICE a COLORI per CONDENSATORI a MICA

Colore	CAPACITA' 1ª e 2ª cifra significativa	CAPACITA' Fattore di moltiplicazione	TOLLERANZA ±	CARATTERISTICHE
Nero	0	1	20% (M)	A
Marrone	1	10	1%	B
Rosso	2	100	2% (G)	C
Arancio	3	1.000	3%	D
Giallo	4	10.000	4%	E
Verde	5	100.000	5%	F
Blu	6	1.000.000	6%	G
Viola	7	10.000.000	7%	—
Grigio	8	100.000.000	8%	—
Bianco	9	1.000.000.000	9%	—
Oro	—	0,1	5% (J)	—
Argento	—	0,01	10% (K)	—

Esempio — Un condensatore a mica contraddistinto dai seguenti colori (nell'ordine progressivo): verde, rosso, rosso, oro, ha la capacità di 5.200 pF (pari a 0,0052 μF), con una tolleranza su detto valore pari a ± 5%.

TABELLA 45 — CODICE a COLORI per CONDENSATORI CERAMICI

Colore	1ª e 2ª cifra significativa	Fattore di moltiplicazione	Tolleranza		Coeff. di temp. pF per milione/C°
			Magg. di 10 pF	Min. di 10 pF	
Nero	0	1	20 (M)	2,0 (G)	0
Marrone	1	10	1 (F)	—	—30
Rosso	2	100	2 (G)	—	—80
Arancio	3	1.000	—	—	—150
Giallo	4	10.000	—	—	—220
Verde	5	100.000	5 (J)	0,5 (D)	—330
Blu	6	1.000.000	—	—	—470
Viola	7	10.000.000	—	—	—750
Grigio	8	0,01	—	0,25 (C)	+30
Bianco	9	0,1	10 (K)	1,0 (F)	+550

Esempio — Un condensatore ceramico contraddistinto dai seguenti colori (nell'ordine progressivo): marrone, verde, nero, rosso, marrone, avrà il valore di 15 pF, una tolleranza pari a ± 2%, ed un coefficiente di temperatura tale che, con una variazione di temperatura di 1° C, la capacità diminuisce di 30 pF su 1.000.0000. In questo caso la variazione corrispondente è di 0,00045 pF.

TABELLA 46 — TOLLERANZE sui VALORI dei CONDENSATORI CERAMICI

Simbolo	Percentuale ±	pF ±
C	—	0,25
D	—	0,50
F	1	1,00
G	2	2,00
J	5	—
K	10	—
M	20	—

TABELLA 47 — SIGNIFICATO dei PREFISSI

La tabella 47, quì sotto riportata, elenca i prefissi adottati in elettronica ed in radiotecnica, ed i relativi coefficienti per i quali è necessario moltiplicare il numero al quale essi si riferiscono onde ottenere il valore corrispondente nella relativa untà di misura. Ad esempio, dal momento che il prefisso « milli » nella colonna delle Unità, corrisponde a 10^3, ciò significa che l'unità deve essere moltiplicata per 1.000 (1.000 = 10^3), al fine di ottenere il suo valore espresso in millesimi. Analogamente, una quantità già espressa in millesimi, deve essere divisa per 1.000 per avere il valore in Unità: infatti, 1 mV (1 millivolt) corrisponde a 1 volt : 1.000 = 0,001 volt.

Supponiamo di conoscere il valore di un condensatore espresso in 0,002 μF; se vogliamo trasformare detto valore in pF, individuiamo il prefisso « Pico » (eguale a micro-micro) nella prima colonna a destra, ed in corrispondenza di tale prefisso individuiamo il fattore di moltiplicazione nella colonna « Micro ». Nel nostro caso il fattore è 10^6, ossia 1.000.000. Di conseguenza avremo che il valore in pF sarà pari a 0,002 × 1.000.000 = 2.000 pF.

Per ottenere il numero incognito di	moltiplicare il numero noto di												
	Tera per	Giga per	Mega per	Chilo per	Etto per	Deca per	Unità per	Deci per	Centi per	Milli per	Micro per	Nano per	Pico per
Tera . . . . . . **T**	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}	10^{-12}	10^{-13}	10^{-14}	10^{-15}	10^{-18}	10^{-21}	10^{-24}
Giga . . . . . . **G**	10^3	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}	10^{-12}	10^{-15}	10^{-18}	10^{-21}
Mega . . . . . . **M**	10^6	10^3	1	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-12}	16^{-15}	10^{-18}
Chilo . . . . . . **k**	10^9	10^6	10^3	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}
Etto . . . . . . **h**	10^{10}	10^7	10^4	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-8}	10^{-11}	10^{-14}
Deca . . . . . . **D**	10^{11}	10^8	10^5	10^2	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-7}	10^{-10}	10^{-13}
Unità . . . . . . —	10^{12}	10^9	10^6	10^3	10^2	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}
Deci . . . . . . **d**	10^{13}	10^{10}	10^7	10^4	10^3	10^2	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-5}	10^{-8}	10^{-11}
Centi . . . . . **c**	10^{14}	10^{11}	10^8	10^5	10^4	10^3	10^2	10	1	10^{-1}	10^{-4}	10^{-7}	10^{-10}
Milli . . . . . . **m**	10^{15}	10^{12}	10^9	10^6	10^5	10^4	10^3	10^2	10	1	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}
Micro . . . . . μ	10^{18}	10^{15}	10^{12}	10^9	10^8	10^7	10^6	10^5	10^4	10^3	1	10^{-3}	10^{-6}
Nano . . . . . **n** (Milli-micro) . (mμ)	10^{21}	10^{18}	10^{15}	10^{12}	10^{11}	10^{10}	10^9	10^8	10^7	10^6	10^3	1	10^{-3}
Pico . . . . . . **p** (Micro-micro) . (μμ)	10^{24}	10^{21}	10^{18}	10^{15}	10^{14}	10^{13}	10^{12}	10^{11}	10^{10}	10^9	10^6	10^3	1

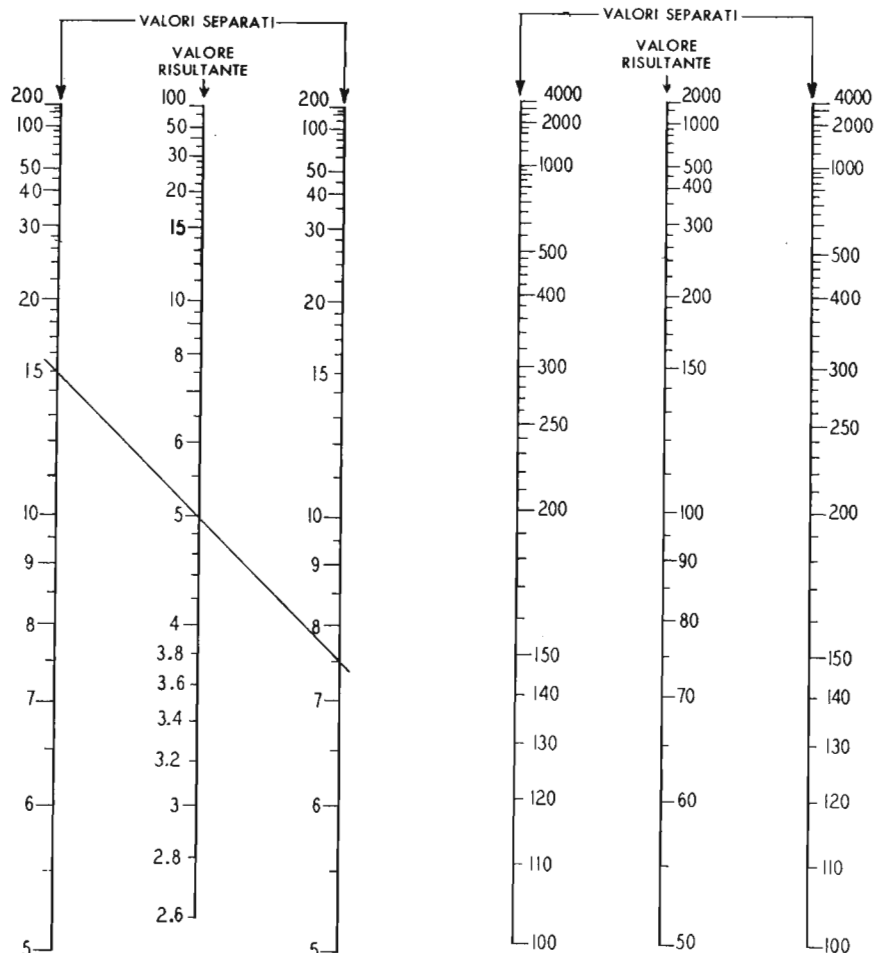



TABELLA 48 —

GRAFICO per il CALCOLO del VALORE di DUE CONDENSATORI in SERIE

A pag. 139 (6º Fascicolo) abbiamo pubblicato un grafico per il calcolo del valore di due resistenze in parallelo; quello che quì riportiamo è sostanzialmente analogo al precedente, e può essere impiegato sia per calcolare il valore di resistenze in parallelo che per il valore di condensatori in serie.

Il lettore avrà infatti notato che la formula è la medesima, e, una volta espressi i valori delle capacità o delle resistenze in semplici numeri, la risoluzione dal punto di vista aritmetico è assolutamente la stessa.

Si tratta dunque di una seconda versione del medesimo grafico, che il lettore potrà usare indifferentemente scegliendo quello il cui impiego risulta più comodo.

Come si nota, questo grafico consta di due gruppi di tre scale verticali, ciascuno dei quali costituisce un grafico a sè stante. Quello di sinistra è adatto al calcolo con due valori compresi entrambi tra 5 e 200 unità, e quello di destra con valori compresi tra 100 e 4.000 unità.

L'uso è molto semplice: noti i valori dei condensatori da connettere in serie, essi vengono individuati uno su una delle scale esterne, ed uno su quella opposta, con il consueto metodo di interpolazione per valori decimali (i quali devono logicamente essere approssimati). Unendo tali punti con una linea retta con l'aiuto di un righello, si individuerà un punto sulla scala centrale che permetterà di leggere sulla stessa il valore risultante.

Nell'esempio riportato sul grafico di sinistra, una capacità è di 15 pF, e l'altra di 7,5: il valore risultante dal loro collegamento in serie è di 5 pF. Anche questo grafico è reversibile in quanto, noto il valore che si desidera ottenere, lo si individua su una delle due scale centrali, e sarà allora sufficiente l'uso di un righello per tracciare un numero pressochè infinito di rette passanti per quel punto, le quali indicheranno sulle scale esterne altrettante coppie di valori che, connessi tra loro, daranno il valore desiderato.

Analogamente, disponendo di una capacità nota e di vari altri valori, e desiderando ottenere un terzo valore, sarà sufficiente individuare il valore da ottenere sulla scala centrale (ad esempio 5), quello disponibile (ad esempio 15) su una delle scale esterne, ed unire i due punti con una retta prolungandola fino ad incontrare l'altra scala esterna, sulla quale si leggerà il valore da connettere in serie per ottenere quello desiderato.

La particolarità di questo grafico (che nelle due sezioni copre la gamma compresa tra 5 e 4.000), è che esso può essere esteso a qualsiasi valore superiore o inferiore al massimo ed al minimo riportati, moltiplicando o dividendo tutti i valori presenti per 10 o per un multiplo o ancora per un sottomultiplo di tale numero. Nell'esempio precedente, se si considera $15 \times 1.000 = 15.000$ e $7{,}5 \times 1.000 = 7.500$, il valore risultante sarà $5 \times 1.000 = 5.000$.

Come si è detto, questo grafico, come pure l'altro a suo tempo pubblicato, può essere impiegato sia per calcolare il valore di resistenze in parallelo che per capacità in serie, e, in aggiunta, può servire per il calcolo di induttanza in parallelo, *quando tra esse non sussiste il minimo accoppiamento induttivo.*

In ogni caso, affinchè il risultato sia corretto, l'unità di misura alla quale si ricorre deve essere la medesima su tutte e tre le scale. In altre parole, i numeri su esse riportati, possono essere intesi in ohm, kohm, Mohm, pF, μF, F, μH, mH o H indifferentemente, purchè l'unità considerata sia la medesima su tutte le scale.

TESTER ANALIZZATORE Mod. 60 "I.C.E."

BREVETTATO - **Sensibilità c. c. e c. a. = 5.000 ohm per volt**

Il Tester più semplice e più pratico.
Il Tester meno ingombrante con la più ampia scala di lettura.
Il Tester per tutti i radiotecnici ed elettrotecnici.
Il Tester senza commutatori e quindi il più stabile ed il più preciso.
Il Tester con strumento antiurto montato su sospensioni elastiche.
Il Tester dalle innumerevoli prestazioni.
Il Tester più preciso al prezzo più basso, data l'altissima produzione.

CARATTERISTICHE TECNICHE

Scatola base in speciale materiale plastico infrangibile - Pannello interamente in Cristal antiurto, che permette di sfruttare al massimo l'ampiezza del quadrante di lettura ed elimina completamente le ombre sul quadrante stesso. Eliminazione totale quindi, del vetro, sempre soggetto a facilissime rotture e scheggiature e della relativa cornice in bachelite opaca - Una sola scala per tutte le misure voltmetriche in c.a.; una sola scala per tutte le misure in c.c.; una sola scala per tutte le portate ohmetriche.

I. C. E.
INDUSTRIA COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE
VIA RUTILIA, 19/18 - Tel. 531.554 /5/6 - MILANO

22 PORTATE DIFFERENTI !

4 portate milliamperometriche in c.c.: 1 - 10 - 100 e 1000 mA.
4 portate voltmetriche in c. a.: 10 - 50 - 250 e 1000 volt.
4 portate voltmetriche in c. c.: 10 - 50 - 250 e 1000 volt.
4 portate per misure d'uscita: 10 - 50 - 250 e 1000 volt per tutte le frequenze acustiche
3 portate per misure in dB: da −10 dB a +50 dB.
3 portate ohmetriche:
ohm × 1 = da 0 a 20.000 ohm;
ohm × 10 = da 0 a 200.000 ohm;
ohm × 100 = da 0 a 2 Megaohm.
Misure d'ingombro:
mm 126 x 85 x 28. **Extrapiatto !**
Peso grammi 280.

A titolo di propaganda si accettano prenotazioni alle seguenti condizioni: (prezzo netto di qualsiasi sconto franco ns. stabilimento) scatola di montaggio come descritta sul «Corso di Radiotecnica» - fascicolo 9 - Lit. 5.950.

Astuccio per detto, in resinpelle speciale, antiurto ed antimacchia L. 400 -

Tester già montato e completo di astuccio . . . L. 6.950.

——— - Eventuale puntale supplementare per misure di alta tensione fino a 25.000 volt (esempio, per misure di alta tensione su televisori) L. 2.980.

Volendo estendere le portate del suddetto Tester mod. 60 anche per le misure amperometriche in c.a. di: 250 mA; 1 A.; 5 A.; 25 A.; 50 A.; 100 A.; richiedere il trasformatore di corrente mod. 618, del costo di sole L. 3.980.

È una rivista a carattere tecnico commerciale che su ognuno dei suoi fascicoli di oltre 100 pagine, tratta — con indirizzo di praticità e accessibilità senza pari — tutti i problemi dell'elettronica.

La Televisione, la tecnica della Bassa Frequenza, con particolare riguardo all'Alta Fedeltà, l'emissione dilettantistica, le misure ed i relativi apparecchi, i transistori, ecc. sono argomenti, praticamente, di ogni numero.

Un'ampia e dettagliata rassegna della produzione nazionale ed estera offre al lettore la possibilità di mantenersi al corrente su ciò che costantemente il mercato presenta di nuovo.

È una rivista ricca di contenuto — ove tutti gli articoli sono accessibili a tutti i lettori — molto illustrata, stampata su ottima carta, razionalmente impaginata.

Ecco perchè RADIO e TELEVISIONE è realmente — da diverso tempo — la rivista del ramo a più alta tiratura in Italia!

Abbonamento: "RADIO e TELEVISIONE" - via dei Pellegrini N° 8/4
conto corr. postale: 3/4545 - Milano

Una copia - alle edicole - Lire 300
"RADIO e TELEVISIONE": la più utile - la più interessante - la più aggiornata - una grande rivista.

4 copie gratuite

Il fascicolo dicembre 1960 (N. 96) ora in vendita alle edicole sarà offerto in omaggio unitamente ai tre fascicoli precedenti (o ad altri da indicare) a coloro che invieranno la quota di abbonamento per i 12 Numeri del 1961: . . . Lire 3060.

Sconto 10 % agli abbonati al "Corso di Radiotecnica": . . Lire 2754.